

# MAGISTER

Scientiae

**Edisi Khusus – Juli 2011**

**PROCEEDING**

**Seminar Nasional  
Guru Fisika dan Matematika 2011**

***"Berbagi Pengetahuan dan Pengalaman dalam  
Komunitas Cinta Fisika dan Matematika"***



**PRODI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA**

## **PENGANTAR REDAKSI**

Magister Scientiae Edisi khusus yang diterbitkan pada tahun 2011 ini memuat sejumlah artikel yang disajikan dalam Seminar Nasional Guru Fisika–Matematika pada tanggal 30 Juli 2011. Artikel tersebut berisi laporan penelitian, telaah kritis dan pengalaman para pakar dan praktisi pengajaran Fisika dan Matematika dari tingkat Sekolah Dasar sampai Perguruan Tinggi.

“Berbagi Pengetahuan dan Pengalaman dalam Komunitas Cinta Fisika dan Matematika” merupakan tema seminar Nasional tersebut. Seminar nasional Guru Fisika–Matematika diselenggarakan dalam rangka Perayaan Tahun Emas Program Studi Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Seminar ini dilaksanakan dengan tujuan: (1) sebagai sarana pertukaran pengetahuan dan pengalaman dalam pembelajaran Fisika dan matematika, (2) membangun komunitas Cinta Fisika dan Matematika.

Semoga artikel yang disajikan dalam Magister Scientiae Edisi Khusus tahun ini menambah wawasan para pengajar Matematika dan Fisika dari tingkat Sekolah Dasar sampai Tingkat Perguruan Tinggi.

Redaksi

## **DAFTAR PEMAHALAH**

**Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Numberd Heads Together (NHT) untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Fisika, Motivasi dan Keaktifan Siswa Kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan pada Pokok Bahasan Impuls, Momentum dan Tumbukan**

*Yohanes Sudarmo Dua* (hal. 1)

**Pemanfaatan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think-Pair-Share Untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Fisika Siswa Kelas X-3 SMA Trisila Surabaya**

*Cecillia Natassia Astono* (hal. 9)

**Model Pengajaran Langsung (Direct Instruction/DI) untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa Kelas XII A-1 di SMAK St. Agnes Surabaya pada Pokok Bahasan Interferensi**

*Budijanto Untung* (hal. 17)

**Perencanaan Pembelajaran Fisika Pada Materi Fluida Dengan Pendekatan Learning Cycles Pendidikan Entrepreneur K-12 Ciputra Way Di SMA Kr MDC Kelas XI Ipa**

*Johana Theresia Maria Diah Lestari* (hal. 26)

**Pembelajaran Fisika Dengan Model Permainan Kartu Kwartet**

*Yohanes Wellem Mulawato* (hal. 35)

**Rancang Bangun Prototipe Alat Ukur RPM Dengan Laser He-Ne**

*Hery Suyanto* (hal. 49)

**Peningkatan Ketrampilan Berpikir Tingkat Tinggi (Higher-Order Thinking Skills) dalam Penguasaan Materi Mata Kuliah Wireless Communication Dengan Sistem Pengajaran Pendekatan Student Centered**

*Andrew Joewono* (hal. 57)

**Perancangan Smart-Digital Physics Dictionary Sebagai Upaya Peningkatan Minat Siswa-Siswi SMP RSBI/SBI Belajar Fisika**

*Atut Reni Septiana* (hal. 72)

**Pembuatan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Komputer Sub Pokok Bahasan Fluida Statis**

*Dicsi Kartika Sari* (hal. 80)

**Pembuatan Program Simulasi Nuclear Magnetic Resonance (NMR) berbasis Komputer sebagai Media Pembelajaran Fisika Modern**

*Christian Kasih Anto* (hal. 86)

**Pembuatan Komik Usaha Dan Energi Sebagai Media Pendamping Dalam Pembelajaran Fisika Di SMP**

*Ika Kumala Sari* (hal. 94)

**Pendayagunaan Bahasa Inggris Dalam Pengajaran Fisika Untuk Sekolah Menengah Pokok Bahasan Mekanika**

*Setiawan Pahlevi Angriawan* (hal. 104)

**Karakteristik Hasil Belajar Siswa Terhadap Penggunaan Bahasa Dalam Pelajaran Matematika Di Kelas V Sekolah Dasar Xin Zhong Surabaya**

*Desiana Natalia* (hal. 111)

**Hybrid Problem-Based Learning In The Teaching-Learning Process Of Mathematics In English**

*Widyanti Sugianto* (hal. 115)

**The correlation among the physics competence, english proficiency and motivation of the students in bilingual learning of the sub-topic of temperature and thermometers**

*Silviati Kamalia* (hal. 130)

**Pembuatan Lembar Kerja Siswa (Lks) Matematika Aplikatif Dan Interaktif Untuk Sekolah Dasar (Sd) Kelas 6**

*Surya Arif Kartono* (hal. 140)

**Penyelesaian Analitik Totally Asymmetric Exclusion Process (Tasep) Dengan Satu Kekisi**

*Elisabeth Pratidhina Founda Noviani* (hal. 144)

**Teknologi Tepat Guna Alat Ukur Perbedaan Energi Serap Tabung Berwarna Dalam Pembelajaran Radiasi Benda Hitam**

*Arizenjaya* (hal. 154)



**MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE *NUMBERED HEADS TOGETHER* (NHT) UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR FISIKA, MOTIVASI DAN KEAKTIFAN SISWA KELAS XI-IPA SMAN 2 NUBATUKAN PADA POKOK BAHASAN IMPULS, MOMENTUM DAN TUMBUKAN**

**Yohanes Sudarmo Dua,  
JV.Djoko Wirjawan, Tjondro Indrasutanto, Kristoforus M. Ulin**

**Prodi Pendidikan Fisika  
FKIP UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** *Anggapan para siswa bahwa pelajaran fisika rumit dan banyak rumus telah menjadi penyebab rendahnya motivasi para siswa kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan untuk belajar fisika. Motivasi para siswa yang rendah ini terlihat lewat rendahnya prestasi belajar fisika (berdasarkan hasil ulangan yang diberikan, persentase siswa yang mencapai SKM hanya 31,82%) dan tingkat keaktifan siswa dalam proses pembelajaran yang masih rendah. Untuk membangkitkan motivasi para siswa dalam belajar fisika, seorang guru fisika memiliki peranan yang sangat penting diantaranya melalui penerapan metode atau model pembelajaran yang tepat dalam proses pembelajaran. Selain itu, seorang guru juga dapat melakukan Penelitian Tindakan Kelas untuk memperbaiki proses dan hasil belajar siswanya.*

*Pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas dengan menerapkan model pembelajaran kooperatif tipe *Numbered Heads Together* (NHT) yang dilakukan peneliti dan guru fisika SMAN 2 Nubatukan merupakan upaya yang ditempuh guna meningkatkan prestasi belajar, motivasi dan keaktifan siswa dalam belajar fisika. Hasil yang didapatkan dari pelaksanaan PTK dengan menerapkan model pembelajaran NHT ini terlihat lewat peningkatan prestasi belajar fisika yaitu persentase para siswa yang mencapai SKM terus meningkat dari siklus I yaitu 66, 67% (rata-rata nilai 63,71) menjadi 85,71% (nilai rata-rata 79,81) pada siklus II. Selain itu, persentase keaktifan siswa dalam mengikuti pelajaran fisika juga meningkat yaitu 45, 45% pada siklus I menjadi 80, 95% pada siklus II.*

**Kata kunci:** *Motivasi Belajar rendah, Penelitian Tindakan Kelas, model pembelajaran *Numbered Heads Together*, peningkatan prestasi belajar dan keaktifan siswa*

**Pendahuluan**

Fisika adalah pelajaran yang sulit, banyak rumus, dan membosankan. Begitulah keluhan yang sering dilontarkan oleh para siswa ketika ditanyai pendapatnya tentang pelajaran fisika yang diikuti di kelas. Keluhan bahwa pelajaran fisika sulit, juga disampaikan para siswa kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan. Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan guru fisika serta para siswa kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan didapatkan bahwa para siswa

kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan masih menganggap fisika sebagai pelajaran yang sulit. Akibatnya, motivasi para siswa untuk belajar fisika juga masih rendah. Ungkapan-ungkapan seperti, *“jika nilai fisika rendah, itu wajar karena pelajaran fisika memang sulit.”* atau, *“untuk pelajaran fisika, yang penting bisa lulus”*, sering disampaikan para siswa. Rendahnya motivasi para siswa untuk belajar fisika ini kemudian berdampak pada rendahnya prestasi belajar yang dicapai. Dari hasil ulangan yang diberikan, hanya 7 orang siswa dari 22 orang yang mencapai SKM (persentase ketuntasan yang dicapai hanya 31, 82%).

Selain terlihat lewat rendahnya prestasi belajar yang dicapai, motivasi para siswa untuk belajar fisika yang rendah juga tampak lewat sikap dan perilaku para siswa dalam mengikuti pelajaran di kelas dan dalam menyikapi tugas-tugas yang diberikan oleh guru. Dalam mengikuti kegiatan belajar-mengajar, kebanyakan siswa bersikap pasif dan tidak terlalu terlibat dalam proses pembelajaran. Guru dianggap mengetahui segalanya sehingga ketergantungan terhadap guru sangat tinggi sedangkan kesadaran para siswa untuk mencari tahu masih sangat rendah. Guru fisika memang telah menggunakan beberapa variasi model pembelajaran diantaranya metode ceramah dan diskusi namun hasil yang dicapai belum maksimal. Para siswa masih belum terlalu aktif dalam proses pembelajaran dan terlebih prestasi belajar siswa yang dicapai belum maksimal.

Rendahnya motivasi para siswa untuk belajar fisika yang kemudian berdampak pada rendahnya prestasi belajar fisika ini tentunya menjadi tantangan yang tidak ringan terutama bagi para guru fisika, mengingat fisika merupakan salah satu pelajaran yang akan diujikan dalam Ujian Akhir Nasional. Seorang guru fisika diharapkan memiliki kepekaan yang tinggi terhadap berbagai persoalan pembelajaran yang terjadi di kelas. Ia dituntut agar mampu membangkitkan motivasi para siswa untuk belajar fisika. Sehubungan dengan upaya membangkitkan motivasi para siswa dalam belajar fisika, aktivitas seorang guru dalam kelas memiliki pengaruh yang sangat besar. Aktivitas guru dalam kelas tersebut meliputi metode atau model pembelajaran yang digunakan, sikap guru dalam merespon pertanyaan para siswa, dan sejauh mana seorang guru melibatkan para siswa dalam proses pembelajaran; apakah para siswa dilihat sebagai bejana kosong yang siap diisi atau sebagai pribadi yang sudah memiliki kemampuan yang tinggal dimaksimalkan saja oleh guru (Trianto, 2011).

Salah satu aspek penting yang menunjang keberhasilan suatu proses pembelajaran adalah keterlibatan siswa dalam mengikuti kegiatan belajar-mengajar. Hal ini memiliki korelasi yang kuat dengan metode/model pembelajaran yang digunakan guru. Seorang guru yang bijak dapat membangkitkan motivasi para siswanya dalam belajar dengan cara selalu melibatkan mereka dalam proses pembelajaran dan meyakinkan para siswa bahwa mereka adalah pribadi-pribadi yang telah memiliki kemampuan dasar yang tinggal dikembangkan saja oleh guru. Wujud konkrit dari hal ini adalah seorang guru selalu memberikan kesempatan kepada para siswa untuk mengajukan pendapat, mengajarkan mereka untuk bekerja dalam kelompok dan lain sebagainya. Salah satu model pembelajaran yang selalu melibatkan para siswa sebagai mitra dan bukan obyek dalam proses pembelajaran adalah model Pembelajaran Kooperatif tipe *Numbered Heads Together (NHT)*. Keunggulan

dari Model *Cooperative Learning* tipe *Numbered Heads Together (NHT)* ini adalah para siswa dapat dibangkitkan motivasinya untuk belajar melalui diskusi kelompok, para siswa terlatih untuk menyampaikan pendapat pribadi dan menghargai pendapat orang lain, para siswa dapat dilatih lebih kreatif dan inovatif serta proses belajar dapat berjalan lebih menarik dan dinamis karena proses belajarnya bukan hanya satu arah saja yaitu oleh guru melainkan melibatkan para siswa dan guru. Selain itu, sebagai bagian dari *Cooperative Learning* yang didasarkan pada teori konstruktivisme, dalam model pembelajaran kooperatif tipe *Numbered Heads Together(NHT)* ini, para siswa yang aktif dan berhasil dalam proses pembelajaran akan diberikan *reward* oleh guru yang tentunya dapat menjadi pemicu motivasi bagi para siswa untuk lebih giat belajar.

Dalam kaitannya dengan upaya untuk mengetahui berbagai persoalan yang dihadapi di kelas termasuk rendahnya motivasi para siswa dalam belajar, seorang guru dapat melakukan kegiatan penelitian yang disebut Penelitian Tindakan kelas. Dalam melakukan Penelitian Tindakan Kelas ini, guru berperan sebagai pengajar dan peneliti atau seorang guru dapat berkolaborasi dengan peneliti dari luar. Adapun tujuan diadakan Penelitian Tindakan Kelas adalah untuk melakukan berbagai perbaikan terhadap persoalan-persoalan yang terjadi dalam proses pembelajaran di kelas sehingga hasil belajar siswa dapat meningkat.

Selain untuk mengatasi berbagai persoalan yang terjadi di dalam kelas, melaksanakan Penelitian Tindakan Kelas bagi seorang guru juga merupakan amanat undang-undang. Berdasarkan peraturan pelaksanaan undang-undang nomor 14 tahun 2004 tentang guru dan dosen yaitu peraturan pemerintah nomor 74 tahun 2008 tentang guru dan Permendiknas nomor 16 tahun 2007 tentang standar kompetensi guru, yang mana pada aspek kompetensi profesional menekankan guru untuk memiliki kemampuan di bidang Penelitian Tindakan Kelas. Selain itu, untuk kepentingan kenaikan pangkat sebagaimana yang diatur dalam Permen PAN & Reformasi Birokrasi Nomor 16 tahun 2009, seorang guru diwajibkan untuk melaksanakan pengembangan keprofesionalan berkelanjutan yang salah satunya adalah publikasi ilmiah termasuk didalamnya adalah hasil penelitian berupa Penelitian Tindakan Kelas. Di kabupaten Lembata-Nusa Tenggara Timur, untuk kepentingan kenaikan pangkat, seorang guru wajib menyertakan minimal dua (2) judul PTK yang telah dilaksanakan.

Atas dasar pemikiran sebagaimana diungkapkan diatas maka peneliti berkolaborasi dengan guru fisika SMAN 2 Nubatukan melakukan kegiatan penelitian berupa Penelitian Tindakan Kelas di SMAN 2 Nubatukan kabupaten Lembata provinsi Nusa Tenggara Timur, dengan judul, “ **MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE NUMBERED HEADS TOGETHER (NHT) UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR FISIKA SISWA KELAS XI- IPA SMAN 2 NUBATUKAN PADA POKOK BAHASAN IMPULS, MOMENTUM DAN TUMBUKAN**”

## Kajian Pustaka

Pembelajaran kooperatif merupakan bentuk pembelajaran dengan cara siswa belajar dan bekerja sama dalam kelompok-kelompok kecil secara kolaboratif yang anggotanya terdiri dari empat sampai enam orang dengan struktur kelompok yang bersifat heterogen (Depdiknas 2009 : 197). Pembelajaran kooperatif tidak sama dengan sekedar belajar dalam kelompok. Ada prinsip atau unsur dasar pembelajaran kooperatif yang membedakan dengan pembelajaran kelompok yang dilakukan asal-asalan. Dalam pembelajaran kooperatif proses pembelajaran tidak harus dari guru kepada siswa saja tetapi para siswa juga dapat saling membelajarkan sesama siswa lainnya. Pembelajaran kooperatif memiliki karakteristik, sintak pembelajaran dan prinsip-prinsip tertentu. Menurut Sanjaya dalam Widiarini (2009), terdapat empat prinsip dalam pembelajaran kooperatif yaitu prinsip ketergantungan positif, tanggung jawab perseorangan, interaksi tatap muka serta partisipasi dan komunikasi.

Pembelajaran kooperatif tipe *Numbered Heads Together (NHT)* merupakan salah satu tipe pembelajaran kooperatif yang menekankan pada struktur khusus yang dirancang untuk mempengaruhi pola interaksi siswa dan memiliki tujuan untuk meningkatkan penguasaan akademik. Ibrahim (2000) mengemukakan tiga tujuan yang hendak dicapai dalam pembelajaran kooperatif dengan tipe *Numbered Heads Together (NHT)* yaitu: hasil belajar akademik, struktur, pengakuan adanya keragaman, dan pengembangan keterampilan sosial. Adapun tahap-tahap dalam pembelajaran kooperatif meliputi : **Tahap penomoran:** guru membagi siswa menjadi beberapa kelompok atau tim yang beranggotakan empat sampai enam orang dan memberi siswa nomor sehingga setiap siswa dalam tim mempunyai nomor yang berbeda sesuai dengan jumlah siswa dalam kelompok. **Tahap Pengajuan Pertanyaan:** Guru mengajukan pertanyaan kepada siswa dalam bentuk LKS. Pertanyaan yang diberikan diambil dari materi pelajaran yang sedang dipelajari. Dalam membuat pertanyaan, diusahakan agar pertanyaan yang diajukan dapat bervariasi dari yang spesifik hingga bersifat umum dan dengan tingkat kesulitan yang bervariasi pula. **Tahap Berpikir Bersama:** para siswa berpikir bersama untuk menemukan jawaban dan menjelaskan jawaban kepada anggota dalam timnya sehingga semua anggota tim mengetahui jawabannya. Para siswa menyatukan pendapatnya terkait dengan pertanyaan yang diberikan dan meyakinkan seluruh anggota dalam tim mengetahui jawaban pertanyaan-pertanyaan tersebut. **Tahap Pemberian Jawaban:** guru menyebut salah satu nomor dan setiap siswa dari tiap kelompok yang bernomor sama menyiapkan jawaban untuk seluruh kelas. Guru kemudian menunjuk salah seorang siswa dari kelompok tertentu untuk menjawab pertanyaan tersebut dan kelompok lain diberi kesempatan untuk menanggapi jawaban yang disampaikan. Dalam penerapan Model Pembelajaran kooperatif tipe *Numbered Heads Together (NHT)*, terdapat beberapa kelebihan antara lain: kelas menjadi hidup dan dinamis, setiap siswa mendapat kesempatan untuk berekspresi dan mengeluarkan pendapat, munculnya jiwa kompetensi yang sehat, dan waktu untuk mengoreksi hasil kerja siswa menjadi lebih efektif dan efisien. Meski demikian, proses pembelajaran kooperatif tipe *NHT* membutuhkan alokasi waktu yang lama.

Materi Impuls, Momentum dan Tumbukan merupakan salah satu materi yang diajarkan di kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan. Jika pada suatu benda bekerja gaya total yang *konstan*  $\sum \vec{F}$  dalam selang waktu  $\Delta t$  dari  $t_1$  ke  $t_2$  maka impuls,  $\vec{I}$  yang dialami benda tersebut didefinisikan sebagai *hasil kali dari gaya total tersebut dengan selang waktu gaya bekerja*. Secara matematis dituliskan sebagai  $\vec{I} = \sum \vec{F} \Delta t$ . Untuk gaya total  $\sum \vec{F}$  yang berubah terhadap waktu, impuls yang dialami suatu benda dapat secara umum dituliskan sebagai

$$\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \sum \vec{F} dt .$$

Sedangkan Momentum Linier yang dimiliki suatu benda yang

bermassa  $m$  dan bergerak dengan kecepatan  $v$  didefinisikan sebagai hasil kali massa dan kecepatannya yang dinyatakan secara matematis sebagai  $\vec{p} = m\vec{v}$ . Antara Impuls dan Momentum terdapat hubungan yang dikenal dengan *Impulse-Momentum Theorem* yang menyatakan bahwa *besarnya impuls yang dikerjakan pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda tersebut yaitu momentum akhir dikurangi momentum awal benda*;  $\vec{I} = \Delta \vec{p}$

Konsep Impuls dan Momentum sangat penting dalam fisika terutama dalam menyelesaikan persoalan-persoalan seperti tumbukan. Dalam peristiwa tumbukan berlaku **hukum kekekalan momentum** yang menyatakan: *Pada peristiwa tumbukan, jumlah momentum benda-benda yang bertumbukan sebelum dan sesudah tumbukan adalah TETAP asalkan resultan gaya luar yang bekerja pada benda-benda tersebut sama dengan nol*, dan **hukum kekekalan energi** yang menyatakan *Jumlah energi sebelum tumbukan sama dengan jumlah energi sesudah tumbukan*. Atau dengan sebutan lain *energi total sebelum tumbukan sama dengan energi total sesudah tumbukan*. Tumbukan dibedakan berdasarkan macamnya terdiri dari tumbukan sentris dan tumbukan non sentries. Sedangkan jenis tumbukan dibedakan atas tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian dan tumbukan tidak lenting sama sekali.

## Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penelitian Tindakan Kelas yang terdiri dari empat tahap yaitu tahap Perencanaan Tindakan, Tahap Pelaksanaan, Observasi dan Refleksi.

### Perencanaan Tindakan

Sebelum melaksanakan Penelitian Tindakan Kelas, terdapat hal-hal yang harus dipersiapkan terlebih dahulu antara lain: Menyiapkan rencana pembelajaran yang sesuai dengan model pembelajaran Kooperatif tipe *Numbered Heads Together (NHT)*, Menyiapkan dokumentasi untuk merekam jalannya proses pembelajaran, Menyusun instrumen penelitian, Berkordinasi dengan guru Fisika yang mengajar di kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan dan Menyiapkan sarana dan prasarana lainnya yang diperlukan dalam penelitian.

### Pelaksanaan Tindakan

Setelah persiapan dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan penelitian di lapangan. Segala sesuatu yang direncanakan dalam tahap persiapan akan dilakukan dalam tahap pelaksanaan. Setelah proses pembelajaran selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan tes hasil belajar untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang telah dipelajari. Tes hasil belajar akan berupa soal subjektif.

### Observasi

Observasi dilakukan selama proses belajar mengajar berlangsung. Observasi yang dilakukan meliputi: Observasi aktivitas siswa selama kegiatan belajar mengajar (observasi dilakukan oleh peneliti dan guru) dan Observasi terhadap kegiatan peneliti dalam mengelola proses pembelajaran. Data yang diperoleh pada saat observasi sangat berguna bagi peneliti dalam melakukan refleksi terhadap proses pembelajaran yang telah dilaksanakan.

### Refleksi

Refleksi dimaksud untuk mengetahui berbagai kelemahan dan kelebihan yang telah dialami selama proses pembelajaran berlangsung. Refleksi yang dilakukan meliputi aspek guru/peneliti, siswa dan juga situasi kelas. Dari hasil refleksi ini dapat dilihat apakah hasil yang diharapkan telah sesuai dengan indikator keberhasilan atau belum. Jika hasil yang diperoleh telah memenuhi maka Penelitian Tindakan Kelas tidak perlu dilanjutkan tetapi jika belum maka Penelitian Tindakan Kelas terus dilanjutkan dengan berbagai perbaikan sesuai dengan hasil refleksi.

## **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Peneliti melakukan PTK di kelas XI IPA SMAN 2 Nubatukan mulai tgl. 25 Maret hingga 10 Mei 2011. Jumlah siswa Kelas XI-IPA adalah 22 orang yang terdiri dari 5 siswa pria dan 17 siswa wanita. Sebelum melakukan PTK, peneliti melakukan Observasi awal untuk mengetahui berbagai permasalahan pembelajaran yang sedang terjadi di kelas, kemampuan para siswa kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan, motivasi para siswa dalam belajar fisika, suasana pembelajaran di kelas selama ini, serta metode/model pembelajaran yang selama ini diterapkan dan sejauh mana keberhasilan penerapan metode/model pembelajaran tersebut. Observasi awal dilakukan dengan cara mengikuti secara langsung proses pembelajaran di kelas, membagikan angket kepada para siswa untuk mengetahui motivasi mereka dalam belajar fisika serta wawancara dengan guru fisika dan para siswa kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan. Peneliti dan juga guru fisika juga melakukan tes berupa ulangan untuk mengetahui kemampuan siswa. berdasarkan nilai ulangan yang diperoleh, persentase siswa yang memenuhi SKM hanya 31, 82 %. Dari hasil observasi awal ini peneliti mengidentifikasi beberapa permasalahan pembelajaran antara lain: kebanyakan siswa beranggapan bahwa fisika adalah pelajaran yang sulit sehingga motivasi para siswa untuk belajar fisika rendah, para siswa bersifat pasif dan tidak terlalu terlibat aktif dalam proses pembelajaran, semangat ingin tahu para siswa sangat kurang dan ketergantungan terhadap guru masih tinggi, penguasaan konsep fisika para siswa masih rendah, para siswa belum terbiasa untuk mengungkapkan

pendapatnya terkait dengan materi yang sedang dipelajari (Lebih banyak diam selama proses pembelajaran berlangsung), para siswa tidak terlalu berkonsentrasi selama proses pembelajaran berlangsung, dan prestasi belajar yang diraih para siswa masih rendah. Berdasarkan hasil identifikasi masalah ini peneliti melakukan PTK yang terdiri dari 2 siklus. Siklus I dilaksanakan pada tanggal 06 April 2011 dan siklus II dilaksanakan pada tanggal 27 April 2011. Di akhir setiap siklus PTK, peneliti melakukan evaluasi untuk mengetahui tingkat kemajuan pemahaman para siswa. Sedangkan tingkat keaktifan para siswa diamati guru dan peneliti selama kegiatan belajar mengajar berlangsung dan motivasi para siswa dalam belajar diketahui melalui angket motivasi yang diisi para siswa.

Adapun hasil yang diperoleh pada siklus I PTK adalah persentase siswa yang mencapai SKM meningkat dari 31, 82 % menjadi 66, 67 % dengan nilai rata-rata 63, 71. Sedangkan tingkat keaktifan siswa dalam proses pembelajaran mencapai 45, 45 %. Meskipun terjadi peningkatan dalam proses pembelajaran namun hasil yang diraih belum sesuai dengan indikator keberhasilan yang ditetapkan. Hal ini berarti kegiatan PTK akan dilanjutkan ke siklus berikutnya. Berdasarkan hasil refleksi terhadap pelaksanaan siklus I PTK dan beberapa tindakan perbaikan, peneliti melakukan siklus II PTK. Hasil yang diperoleh setelah pelaksanaan siklus II PTK antara lain adalah persentase siswa yang mencapai SKM adalah 85, 71 % dan nilai rata-rata kelas mencapai 79, 81. Sedangkan keaktifan siswa dalam proses pembelajaran juga mengalami peningkatan yaitu dari 45, 45 % pada siklus I menjadi 80, 95 % pada siklus II.

### **Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan hasil PTK yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kegiatan PTK yang dilaksanakan di kelas XI-IPA SMAN 2 Nubatukan dapat meningkatkan prestasi belajar fisika, motivasi dan keaktifan para siswa dalam belajar fisika. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan persentase siswa yang mencapai SKM dan tingkat keaktifan siswa dalam mengikuti kegiatan belajar mengajar. Agar tujuan PTK dapat tercapai dengan baik, dalam melaksanakan PTK terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain: Peneliti harus berusaha mengetahui secara baik keadaan atau situasi para siswa yang akan diteliti., dalam upaya mengatasi persoalan pembelajaran yang ada, peneliti harus dapat menentukan model atau metode pembelajaran yang tepat untuk diterapkan, jika Penelitian Tindakan Kelas tersebut dilaksanakan secara kolaboratif, peneliti harus berkoordinasi dengan guru fisika sebagai kolaborator secara intensif, untuk penerapan model pembelajaran kooperatif pada umumnya dan secara khusus pembelajaran kooperatif tipe *Numbered Heads Together (NHT)*, peneliti harus memperhatikan berbagai hal yang menunjang proses belajar siswa seperti buku paket, *handout*, LKS dan lain sebagainya dan Diperlukan dokumentasi yang baik terhadap proses pembelajaran yang dilakukan. Dokumentasi ini sangat diperlukan peneliti terutama dalam merefleksikan kembali proses pembelajaran yang telah dilaksanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta
- Foster, Bob. 2004. *Ringkasan Materi dan Contoh soal serta pembahasan soal-soal Fisika*. Jakarta: Airlangga
- Freedman, Young. 2002. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga
- Giancoli, Douglas. 1999. *Fisika (terjemahan)*. Jakarta: Erlangga
- Ibrahim et all. 2000. *Model pembelajaran Kooperatif*. Jakarta: Prestasi Pustaka
- Iskandar. 2009. *Penelitian Tindakan Kelas*. Ciputat: Gaung Persada
- Jewwet, Serway.2002: *Principle of Physics*. Singapore: Thomson Learning
- Kanginan, Marthen.2004. *Fisika SMA Kelas XI*. Jakarta: Airlangga
- Lie, Anita. 2005. *Cooperative Learning*. Jakarta: Grasindo
- Resnick, Halliday. 1996: *FISIKA(terjemahan)*. Jakarta : Erlangga
- Supriono, Agus. 2009. *Cooperative Learning; Teori dan Aplikasi PAIKEM*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Sunardi,dkk. *Fisika Bilingual*.2006.Bandung: Yrama Widya
- Surya, Yohanes . *Olimpiade Fisika*.1996. Jakarta: PT Primatika Cipta Ilmu
- Trianto. 2011. *Panduan Lengkap Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta : Pustaka Raya
- Widiarini, Septi. 2009. *Meningkatkan motivasi siswa melalui pembelajaran kooperatif metode team games\_tournament (tgt) pada bidang studi fisika pokok bahasan listrik dinamis di kelas x SMA Sasana Bhakti Surabaya*. Surabaya: skripsi
- Zaelani, Ahmad,dkk. 2006. *FISIKA untuk SMA/MA*.Bandung: YRAMA WIDYA



**PEMANFAATAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE  
THINK-PAIR-SHARE UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR  
FISIKA SISWA KELAS X-3 SMA TRISILA SURABAYA**

**Cecillia Natassia Astono, G. Budijanto Untung, Herwinarso**

**Prodi Pendidikan Fisika  
FKIP UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** Berdasarkan observasi awal yang dilakukan di SMA Trisila Surabaya ditemukan bahwa kelas X-3 adalah kelas yang mengalami kesulitan dalam melaksanakan proses pembelajaran fisika. Nilai ulangan siswa yang memenuhi Standart Ketuntasan Minimal (SKM) hanya 39,4% dari 33 siswa. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada pokok bahasan Optika Geometri dengan menerapkan model pembelajaran kooperatif tipe Think-Pair-Share. Penelitian yang dilaksanakan adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dan berlangsung dalam 2 (dua) siklus dimana tiap siklus terdiri dari perencanaan, pelaksanaan, observasi, dan refleksi. Indikator keberhasilan PTK adalah tingkat ketuntasan (siswa yang mencapai SKM) diharapkan tidak kurang dari 80% dan tingkat keaktifan siswa 75%.

Penjelasan pokok bahasan Optika Geometri dengan menggunakan Model Think-Pair-Share ternyata dapat meningkatkan hasil belajar siswa di kelas X-3. Prosentase ketuntasan belajar siswa pada Siklus I 65,13 % dan meningkat pada Siklus II menjadi 87,5%. Rata-rata keaktifan siswa pada Siklus I 66,15% dan meningkat pada Siklus II menjadi 80,40%. Temuan lain dari penelitian adalah siswa kelas X-3 menjadi aktif dalam pelajaran, berani mengungkapkan pendapatnya dan terbina hubungan sosial yang lebih baik antar teman.

**Kata kunci :** Kelas X-3, Penelitian Tindakan Kelas, Think-Pair-Share , hasil belajar siswa.

## **Pendahuluan**

Berdasarkan observasi awal di SMA Trisila Surabaya ditemukan bahwa kelas X-3 adalah kelas yang mengalami kesulitan dalam melaksanakan proses pembelajaran fisika. Tingkat pemahaman siswa kelas X-3 pada pelajaran fisika masih kurang. Nilai ulangan siswa yang memenuhi Standart Ketuntasan Minimal (SKM) hanya 39,4% dari 33 siswa. Pembelajaran di kelas dikatakan bersifat tuntas jika nilai siswa lebih baik dari Standart Ketuntasan Minimum (SKM) yaitu 65.

SKM belum tercapai karena saat proses pembelajaran fisika berlangsung sebagian besar siswa tidak dapat berkonsentrasi dan saling berbicara. Siswa cenderung pasif dalam menyelesaikan soal yang diberikan guru dan tidak terbiasa

mengungkapkan pendapat di depan kelas. Banyak siswa menganggap bahwa mengungkapkan pendapat di depan kelas hanya diperbolehkan bagi siswa pintar. Model pembelajaran kooperatif tipe *Think-Pair-Share* merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan hasil belajar siswa, khususnya mata pelajaran fisika pokok bahasan Optika Geometri. Model pembelajaran *Think-Pair-Share* memberikan kesempatan kepada siswa untuk berpikir, menjawab dan saling membantu satu sama lain dalam pemahaman materi fisika. Guru dengan aktif mengawasi kelas dan memberikan bimbingan secara kelompok maupun individual. Penggunaan model pembelajaran *Think-Pair-Share* pada pokok bahasan optika geometri diharapkan mampu mengkomunikasikan konsep pelajaran dengan baik kepada siswa.

Penelitian sering dilakukan dalam menyelesaikan berbagai masalah dalam pendidikan. Salah satu jenis penelitian yang dapat dilakukan adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK). PTK merupakan ragam atau bentuk penelitian pembelajaran yang berkonteks kelas. PTK dilaksanakan oleh guru untuk memecahkan masalah-masalah pembelajaran yang dihadapi oleh guru, memperbaiki mutu proses dan hasil pembelajaran serta mencobakan hal-hal baru di bidang pembelajaran.

### Kajian Pustaka

Pembelajaran kooperatif merupakan strategi pembelajaran yang menitikberatkan pada pengelompokan siswa dengan tingkat kemampuan akademik berbeda ke dalam kelompok-kelompok kecil. Siswa diajarkan ketrampilan khusus agar dapat bekerjasama dengan baik dalam kelompok, seperti menjelaskan kepada teman sekelompok, menghargai pendapat teman, berdiskusi dengan teratur, dan siswa pandai membantu yang lemah.

Agar terlaksana dengan baik strategi ini dilengkapi dengan LKS (Lembar Kegiatan Siswa) berisi tugas atau pertanyaan yang harus dikerjakan oleh siswa. Setelah bekerja dalam kelompok, masing-masing kelompok menyajikan hasil pekerjaan kelompok di depan kelas dan didiskusikan dengan seluruh siswa.

*Think-Pair-Share* adalah model pembelajaran yang pertama kali dikembangkan oleh Frank Lyman di Universitas Maryland pada tahun 1981. Pembelajaran *Think-Pair-Share* mempunyai struktur yang sederhana, sebagai salah satu dasar dari perkembangan kelas kooperatif.

*Think-Pair-Share* memiliki prosedur yang ditetapkan secara eksplisit untuk memberi siswa lebih banyak waktu untuk berpikir, menjawab, dan saling membantu satu sama lain.

Langkah utama dalam pembelajaran *Think-Pair-Share* menurut Ibrahim (2000: 26-27) adalah:

Langkah 1. *Thinking* (Berpikir).

Guru mengajukan pertanyaan atau isu yang berhubungan dengan pelajaran, kemudian siswa diminta untuk memikirkan pertanyaan atau isu tersebut secara mandiri selama beberapa menit.

Langkah 2. *Pairing* (Berpasangan).

Guru meminta siswa berpasangan dengan siswa lain untuk mendiskusikan apa yang telah dipikirkan pada tahap pertama. Dalam tahap ini, setiap dalam kelompok membandingkan jawaban atau hasil pemikiran mereka dan mengidentifikasi jawaban yang dianggap paling benar, paling meyakinkan, atau paling unik.

Langkah 3. *Sharing* (Berbagi).

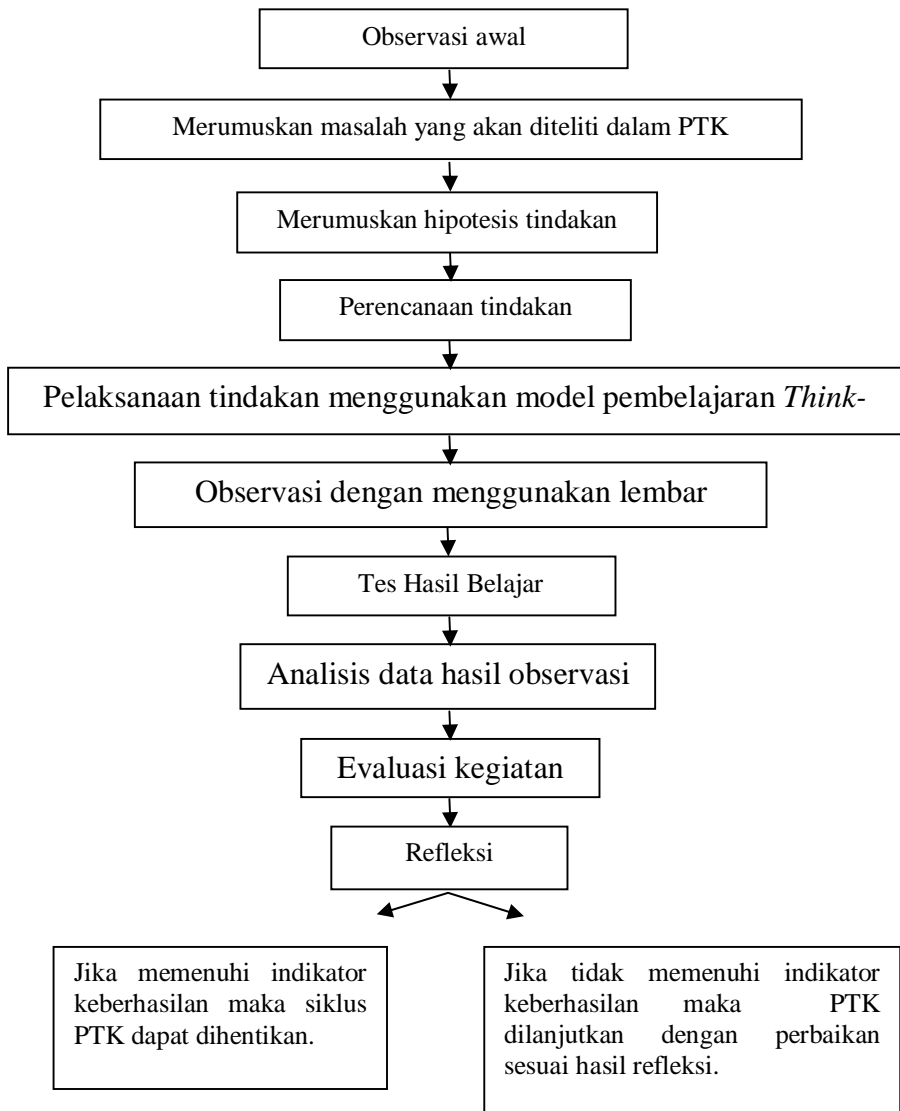
Pada tahap akhir, guru meminta kepada pasangan untuk berbagi dengan seluruh kelas tentang hasil diskusi kelompok. Keterampilan berbagi dengan seluruh kelas dapat dilakukan dengan menunjuk pasangan atau bergiliran pasangan demi pasangan melaporkan hasil kerja.

Adanya kegiatan berpikir-berpasangan-berbagi dalam metode *Think-Pair-Share* memberi banyak keuntungan. Siswa secara individu dapat mengembangkan pemikiran masing-masing karena ada waktu berpikir (*think time*) sehingga kualitas jawaban siswa meningkat. Bekerja secara berpasangan mendorong setiap anggota untuk terlibat secara aktif, sehingga siswa yang jarang atau bahkan tidak pernah berbicara di depan kelas paling tidak memberi ide atau jawaban kepada pasangannya.

Materi yang diberikan pada penelitian ini adalah pelajaran fisika pokok bahasan optik geometri yang meliputi cahaya, cermin, lensa, pembentukan cahaya benda pada cermin dan lensa beserta sifat-sifatnya.

## Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian tindakan kelas dengan bagan sebagai berikut :



Langkah-langkah pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas pada setiap siklus:

### A. Perencanaan

Tahap awal dalam Penelitian Tindakan Kelas adalah perencanaan. Kegiatan yang dilakukan pada tahap perencanaan adalah:

1. Menyusun rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) dengan model pembelajaran *Think-Pair-Share*.

2. Menyusun Lembar Kerja Siswa (LKS).
3. Menyusun lembar pengamatan aktivitas siswa.
4. Menyusun lembar pengamatan aktivitas guru dalam pembelajaran.
5. Menyusun soal tes hasil belajar untuk siswa.

#### **B. Pelaksanaan Tindakan.**

Kegiatan pada tahap pelaksanaan tindakan adalah guru memberikan pelajaran di kelas berdasarkan rencana pelaksanaan pembelajaran yang sudah disiapkan. Setiap proses pembelajaran dilaksanakan sesuai dengan tahapan pengajaran *Think-Pair-Share*.

#### **C. Pengamatan.**

Pada tahap ini Guru Fisika dan Peneliti sebagai observer mengobservasi pelaksanaan tindakan. Observasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana model pembelajaran *Think-Pair-Share* dapat meningkatkan hasil belajar siswa dan memantau kesesuaian mengajar guru dengan rencana pembelajaran yang telah dibuat. Observasi dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan tindakan dengan menggunakan lembar observasi yang telah dipersiapkan.

#### **D. Refleksi.**

Hasil analisis yang diperoleh dari hasil observasi dan kendala-kendala yang ditemui selama pelaksanaan tindakan digunakan sebagai bahan refleksi. Hasil refleksi kegiatan menjadi dasar untuk mengetahui perubahan yang terjadi selama pembelajaran dengan menerapkan model pembelajaran *Think-Pair-Share*. Hasil refleksi digunakan untuk menilai kesempurnaan pelaksanaan kegiatan, memperbaiki langkah yang salah pada tiap siklus dan menentukan apakah perlu dilakukan siklus selanjutnya.

#### **Indikator hasil belajar siswa.**

- a. Sekurang-kurangnya 80% dari keseluruhan siswa yang ada di kelas tersebut memperoleh nilai 65 atau mencapai ketuntasan 65%.
- b. Sekurang-kurangnya 75% dari keseluruhan siswa yang ada di kelas tersebut aktif dalam kegiatan pembelajaran.

#### **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Langkah awal sebelum melaksanakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) adalah melakukan observasi awal untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi di kelas. Berdasarkan observasi awal yang telah dilaksanakan oleh peneliti, permasalahan dalam kelas X-3 adalah:

1. Konsentrasi siswa dalam mengikuti proses pembelajaran kurang
2. Keadaan kelas kurang kondusif dalam belajar, siswa sering berbicara sendiri di dalam kelas dan tidak memperhatikan penjelasan guru
3. Tingkat keaktifan rendah (belum terbiasa untuk mengungkapkan pendapat di depan kelas)
4. Siswa sangat bergantung dengan guru dalam mengerjakan tugas dan latihan

5. Siswa berpendapat bahwa pelajaran fisika akan lebih mudah dipahami dengan belajar kelompok dan metode pengulangan
6. Kemudian permasalahan di atas mengakibatkan hasil belajar rendah yaitu rata-rata tidak memenuhi SKM yang ditetapkan sekolah.

Setelah proses observasi dilakukan proses PTK siklus pertama dengan menggunakan langkah-langkah pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas yang meliputi perencanaan, pelaksanaan, observasi dan refleksi. Siklus I merupakan pembelajaran mata pelajaran fisika pokok bahasan optika geometri dengan sub pokok bahasan pemantulan dan cermin datar. Setelah dilakukan kuis siklus pertama didapatkan hasil sebagai berikut: Nilai tertinggi 100, nilai terendah 13 dan nilai rata-rata 63,56. Untuk siswa yang mendapatkan nilai  $< 65$  sebanyak 12 orang sedangkan yang mendapatkan nilai  $\geq 65$  sebanyak 19 orang (65,13 %). Tingkat keaktifan siswa rata-rata 66,15%.

Secara garis besar, pelaksanaan siklus I berlangsung cukup baik, walaupun belum mencapai ketuntasan ketuntasan yang diharapkan. Untuk itu kegiatan pada siklus I perlu diulang agar hasil prestasi belajar siswa meningkat pada pelajaran optika geometri.

Pada siklus kedua, peneliti memperbaiki cara pelaksanaan PTK sehingga pada siklus kedua dapat dilakukan dengan lebih baik. Perbaikan yang dilakukan pada siklus kedua adalah:

- Memusatkan proses pembelajaran kepada siswa dengan kegiatan diskusi untuk mengurangi dominasi guru dalam pelajaran.
- Memotivasi siswa sebelum memulai proses pembelajaran agar siswa siap dan aktif ketika mengikuti proses pembelajaran.
- Memotivasi siswa agar aktif mengerjakan soal latihan secara individu dan bertukar pendapat secara berpasangan dengan teman sebangku.
- Menyarankan siswa yang pandai untuk bekerja sama dengan temannya
- Memotivasi dan membimbing siswa untuk aktif berbagi pendapat di depan kelas.

Siklus kedua merupakan pembelajaran mata pelajaran Fisika pokok bahasan Optika Geometri dengan subpokok bahasan cermin cekung. Setelah diadakan koreksi pada kuis siklus II diperoleh hasil sebagai berikut: Nilai tertinggi 100, nilai terendah 38 dan nilai rata-rata 80,125. Untuk siswa yang mendapatkan nilai  $< 65$  sebanyak 4 orang sedangkan yang mendapatkan nilai  $\geq 65$  sebanyak 28 orang (87,5 %). Tingkat keaktifan siswa rata-rata 80,4%.

Dari hasil observasi dan refleksi didapatkan bahwa PTK sudah bisa dihentikan karena sudah memenuhi indikator keberhasilan pelaksanaan PTK yang ditetapkan.

Tabel. Penilaian Aktifitas Siswa Pada Siklus I dan Siklus II

Aktivitas	Siklus I				Siklus II			
	pertemuan I		pertemuan II		pertemuan I		Pertemuan II	
Absensi	30	90.90%	31	93.94%	31	93.94%	31	93.94%
Kerja LKS	21	63,63%	26	78.79%	25	75.75%	27	81.81%
Kerja Pasangan	23	69.69%	24	72.72%	24	72.72%	29	87.87%
Diskusi Kelas	18	54.54%	20	60.60%	29	87.88%	30	90.90%
Konsentrasi	23	69.69%	25	75,76%	28	82.57%	29	87.87%
Maju	1	33%	4	50%	6	60%	8	80%
Rata-rata	61.68%		70.26%		75.41%		85.40%	
	66.15				80.405			

### Kesimpulan dan Saran

Dari seluruh kegiatan penelitian tindakan kelas di kelas X-3 SMA Trisila Surabaya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada siklus I diperoleh nilai rata-rata 63,56. Siswa yang mendapatkan nilai  $\geq 65$  sebanyak 19 orang (65,13 %). Tingkat keaktifan siswa rata-rata 66.15%.
2. Pada siklus II diperoleh nilai rata-rata 80,125. Siswa yang mendapatkan nilai  $\geq 65$  sebanyak 28 orang (87,5 %). Tingkat keaktifan siswa rata-rata 80,4 %.
3. Penerapan model pembelajaran kooperatif tipe *Think-Pair-Share* (TPS) dapat meningkatkan hasil belajar siswa kelas X-3 SMA Trisila Surabaya dalam pokok bahasan Optika Geometri.

Dari pengalaman selama melaksanakan penelitian tindakan kelas di kelas X-3 di SMA Trisila Surabaya, dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut.

1. Dalam melaksanakan penelitian tindakan kelas secara kolaboratif hendaknya dilakukan koordinasi terus menerus dengan guru mata pelajaran.
2. Model pembelajaran *Think-Pair-Share* lebih efektif bila siswa dimotivasi untuk mengerjakan soal/pertanyaan secara individu, kemudian mendiskusikan hasil pemikiran dengan pasangan sehingga siswa telah mempunyai bahan untuk dibawa dalam berbagi jawaban soal di depan kelas.
3. Memberikan soal pertanyaan dalam bentuk LKS sehingga waktu yang digunakan untuk melaksanakan model pembelajaran *Think-Pair-Share* dapat lebih efektif (siswa dapat langsung menjawab pertanyaan tanpa menulis soal di buku tulis).
4. Mendokumentasikan setiap tahapan pembelajaran pada setiap siklus sehingga dapat diperoleh hasil penelitian yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta
- Basrowi dan Suwandi. 2008. *Prosedur Penelitian Tindakan Kelas*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Darsono. 2000. *Belajar dan Pembelajaran*. Semarang : IKIP Semarang Press Djamarah
- Halliday dan Resnick. 1991. *Fisika Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga
- Hernawati. 2007. *Penerapan Model Pembelajaran Cooperative Learning Tipe Think-Pair-Share (TPS) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas VIII E SMP N 14 Tegal dalam Pokok Bahasan Sistem Persamaan Linear Dua Variabel*. Semarang
- Ibrahim, Muslimin, dkk. 2000. *Pembelajaran Kooperatif*. Surabaya : UNESA Press
- Kanginan, Marthen. 2003. *Fisika 2000 Jilid 1B Untuk SMU kelas XI Semester 2*. Cimahi : Erlangga.
- Lie, Anita. 2002. *Cooperative Learning* (Mempraktekkan Cooperative Learning di ruang-ruang kelas). Jakarta: Grasindo
- Lyman. 1981. Think-Pair-Share. (on Line) (<http://curry.edschool.virginia.edu>)
- Pedrotti, Frank L. Dan Pedrotti, Leno S. 1996. *Introduction to Optics. Second edition*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc.
- Saiful Bahri dan Aswin Zain. 1995. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta
- Sears. Zemansky. 1999. *Fisika untuk Universitas 1*. Jakarta : Trimitra Mandiri
- Soeharto. 1992. *Fisika Dasar II*. Jakarta: Gramedia.



**MODEL PENGAJARAN LANGSUNG (DIRECT INSTRUCTION/DI) UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR SISWA KELAS XII A-1 DI SMA ST. AGNES SURABAYA PADA POKOK BAHASAN INTERFERENSI**

**Budijanto Untung, Ristia Andriani**

**Prodi Pendidikan FISIKA  
FKIP UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** Berdasarkan observasi yang dilakukan di SMA St. Agnes Surabaya ditemukan bahwa kelas XIIA-1 adalah kelas yang pandai, namun pada saat pelajaran berlangsung khususnya pada mata pelajaran fisika banyak siswa yang mengantuk dan tidak mendengarkan materi yang diajarkan oleh guru tersebut. Pada saat mengerjakan soal latihan guru sering mengulang materi yang tadinya sudah di jelaskan. Hal ini karena pada saat menerima materi siswa tidak dilibatkan secara langsung dalam menerima pelajaran. Oleh sebab itu diperlukan suatu metode pengajaran langsung dimana siswa dapat ikut berperan aktif dalam proses belajar mengajar. Penelitian ini dilaksanakan di SMA St. Agnes Surabaya pada kelas XIIA-1 dan diharapkan akan terjadi peningkatan skor rata-rata siswa minimal 70 dan prestasi siswa yang tuntas mencapai 80%. Disamping itu timbulnya motivasi belajar siswa sehingga suasana kelas menjadi lebih hidup.

**Kata Kunci:** Interferensi, Penelitian Tindakan Kelas, pengajaran langsung

### **Pendahuluan**

Berdasarkan observasi yang dilakukan di SMA St. Agnes Surabaya ditemukan bahwa kelas XII A-1 adalah kelas yang pandai. Di dalam kelas siswa tidak gaduh dan terlihat tenang, Jika diamati lebih lanjut sebagian besar dari mereka mengantuk dan tidak bersemangat saat guru menjelaskan pelajaran. Akibatnya guru sering mengulang materi yang telah di ajarkan karena konsentrasi mereka terhadap pelajaran tersebut kurang. Di dalam kelas ada dua guru yang mengajar, guru pertama yang menjelaskan materi dengan metode ceramah sedangkan guru yang lain sebagai fasilitator dan menampilkan animasi dari materi yang dijelaskan. Walaupun demikian tidak banyak siswa yang tertarik dengan animasi-animasi yang ada. Hal ini karena siswa tidak terlibat sepenuhnya dalam proses belajar mengajar (PBM). PBM masih menggunakan sistem yang berpusat pada guru dengan guru masih dominan dalam menyampaikan materi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu model pembelajaran yang melibatkan secara langsung setiap siswa untuk memahami apa yang diajarkan dan melihat langsung apa sebenarnya yang sedang dipelajari sehingga siswa tidak hanya berpikir secara abstrak. Jadi siswa berperan aktif dalam memperoleh materi pelajaran dan diharapkan siswa menjadi bersemangat belajar dan tidak mengantuk serta dapat meningkatkan prestasi belajar siswa. Salah satu penelitian yang dapat dilakukan adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang

merupakan ragam atau bentuk penelitian pembelajaran yang berkonteks kelas yang dilaksanakan oleh guru untuk memecahkan masalah-masalah pembelajaran yang dihadapi, memperbaiki mutu proses, hasil pembelajaran dan mencobakan hal-hal baru di bidang pembelajaran demi peningkatan mutu proses dan hasil pembelajaran.

### Kajian Pustaka

Model pengajaran langsung merupakan suatu pendekatan mengajar yang dapat membantu siswa mempelajari keterampilan dasar dan memperoleh informasi yang dapat diajarkan selangkah demi selangkah. Pada model pengajaran langsung terdapat lima fase yang sangat penting. Guru mengawali pelajaran dengan penjelasan, serta mempersiapkan siswa untuk menerima penjelasan guru. Fase persiapan dan motivasi ini kemudian diikuti oleh presentasi materi ajar yang diajarkan atau demonstrasi tentang keterampilan tertentu. Pada fase pelatihan dan pemberian umpan balik tersebut, guru perlu selalu mencoba memberikan kesempatan kepada siswa untuk menerapkan pengetahuan atau keterampilan yang dipelajari ke dalam situasi kehidupan nyata. Rangkuman kelima fase tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

SINTAKS MODEL PENGAJARAN LANGSUNG

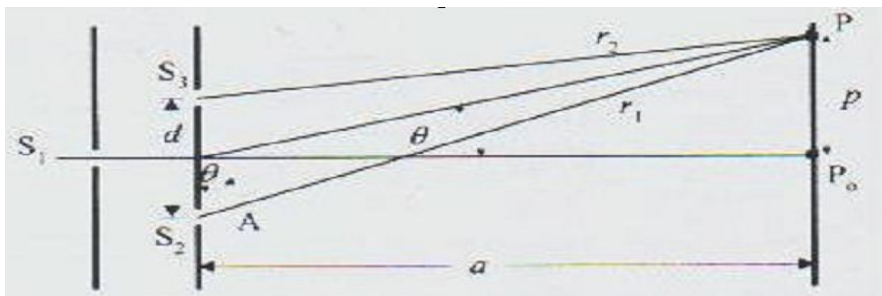
FASE	PERAN GURU
Menyampaikan tujuan dan mempersiapkan siswa	Guru menjelaskan TPK, informasi latar belakang pelajaran, pentingnya pelajaran, mempersiapkan siswa untuk belajar
Mendemonstrasikan pengetahuan atau keterampilan	Guru mendemonstrasikan keterampilan dengan benar, atau menyajikan informasi tahap demi tahap
Membimbing pelatihan	Guru merencanakan dan memberi bimbingan pelatihan awal
Mengecek pemahaman dan memberikan umpan balik	Mengecek apakah siswa telah berhasil melakukan tugas dengan baik, memberi umpan balik
Memberikan kesempatan untuk pelatihan lanjutan dan penerapan	Guru mempersiapkan kesempatan melakukan pelatihan lanjutan, dengan perhatian khusus pada penerapan kepada situasi lebih kompleks dan kehidupan sehari-hari

Interferensi adalah peristiwa perpaduan dua gelombang setelah melewati dua celah yang berdekatan. Gelombang datang dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) memasuki celah  $S_1$  dan  $S_2$  yang berjarak  $d$ . gelombang-gelombang menyebar ke semua arah setelah melewati celah-celah tersebut dan diterima oleh layar yang

terletak sejauh  $L$  dari celah tersebut. Gelombang-gelombang dari kedua celah ini menempuh jarak yang sama, sehingga satu fase. Puncak dari satu gelombang tiba pada saat yang sama dengan puncak gelombang yang lainnya. Berarti amplitudo kedua gelombang bergabung untuk membentuk amplitudo yang lebih besar.

Apabila dua gelombang harmonik yang berfrekuensi dan berpanjang gelombang sama tetapi berbeda fase bergabung, gelombang yang dihasilkan merupakan gelombang harmonik yang amplitudonya tergantung pada perbedaan fasenya. Jika perbedaan fase atau bilangan bulat dari kelipatan  $360^\circ$ , gelombang akan sefase dan berinterferensi secara saling menguatkan. Amplitudonya sama dengan penjumlahan amplitudo masing-masing, dan intensitasnya (yang sebanding dengan kuadrat amplitudo) akan maksimum. Jika perbedaan fasenya  $180^\circ$  ( $\pi$  radian) atau bilangan ganjil kali  $180^\circ$ , gelombang akan berbeda fase dengan berinterferensi secara saling melemahkan. Amplitudo yang dihasilkan dengan demikian merupakan perbedaan amplitudo masing-masing dan intensitasnya menjadi minimum. Jika amplitudonya sama, intensitas maksimum sama dengan 4 kali intensitas sumbernya dan intensitas minimum sama dengan nol. Pola interferensi cahaya dari dua sumber atau lebih dapat diamati hanya jika sumber-sumber tersebut koheren atau memiliki perbedaan fase yang konstan terhadap waktu

Dalam Percobaan yang dilakukan oleh Thomas Young (1801), dua sumber cahaya yang koheren dihasilkan dengan menerangi dua celah sejajar dengan sumber cahaya tunggal. Apabila sebuah gelombang menghadapi rintangan yang memiliki lubang kecil, lubang kecil itu bertindak sebagai sumber titik gelombang. Pola Interferensi diamati pada layar yang jauh dari celah tadi, yang dipisahkan sejauh  $d$ , seperti gambar di bawah ini:



Gambar 1: skema percobaan interferensi Young

dengan demikian interferensi maksimum diberikan oleh

$$d \sin \theta = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, \dots \dots \dots (1)$$

Jarak  $y_m$  yang diukur di sepanjang layar dari titik tengah ke rumbai terang ke- $m$

dihubungkan sudut  $\theta$  oleh persamaan  $\tan \theta = \frac{y_m}{L}$

dengan  $L$  merupakan jarak dari celah ke layar, untuk  $\theta$  yang kecil di peroleh

$$\sin \theta = \tan \theta = \frac{y_m}{L} \text{ sehingga } d y_m = m \lambda L \quad \dots\dots\dots (2)$$

Misalkan  $E_1$  merupakan medan listrik di sembarang titik P pada layar akibat gelombang dari celah 1 dan  $E_2$  merupakan medan listrik pada titik itu akibat gelombang dari celah 2, karena sudut yang diperhatikan ini kecil, dapat dianggap bahwa medan ini sejajar dan hanya memperhatikan besarnya saja. Kedua medan listrik beresilasi dengan frekuensi dan amplitudo yang. Jika menyajikan fungsi gelombang ini dengan

$$E_1 = A_o \sin \omega t \quad \text{dan} \quad E_2 = A_o \sin(\omega t + \delta) \quad \dots\dots\dots (3)$$

Fungsi gelombang resultan ialah

$$E = E_1 + E_2 = A_o \sin \omega t + A_o \sin(\omega t + \delta) \quad \dots\dots\dots (4)$$

Gunakan persamaan trigonometrik berikut untuk kedua fungsi sinus:

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \quad \dots\dots\dots (5)$$

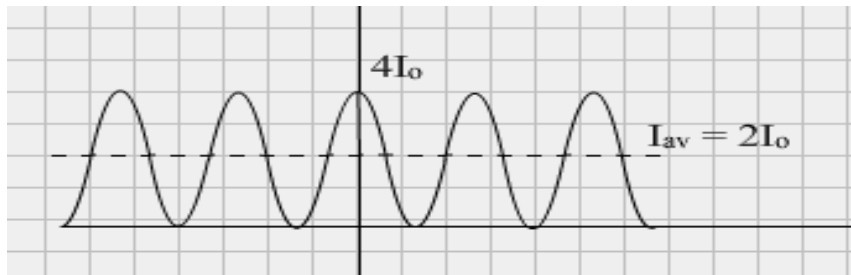
Dengan demikian persamaan 8 menjadi

$$E = 2A_o \cos \frac{1}{2} \delta \sin(\omega t + \frac{1}{2} \delta) \quad \dots\dots\dots (6)$$

Amplitudo gelombang resultan dengan demikian menjadi  $2A_o \cos \frac{1}{2} \delta$ . Karena intensitas sebanding dengan kuadrat amplitudonya, intensitas pada sembarang titik P ialah

$$I = 4I_o \cos^2 \frac{1}{2} \delta \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dengan  $I_o$  merupakan intensitas cahaya pada layar dari setiap celah secara terpisah.



Gambar 2: pola intensitas interferensi

Gambar 2 menunjukkan pola intensitas seperti yang terlihat pada layar. Untuk  $\theta$  yang kecil, ini ekuivalen dengan melukiskan intensitas terhadap  $y$  karena  $y \approx L \sin \theta$ . Intensitas  $I_o$  ialah intensitas dari celah secara terpisah. Garis putus-putus menunjukkan intensitas rata-rata  $2I_o$ , yang merupakan hasil perata-rataan sejumlah maksima dan minima.

### Interferensi pada kisi

Kisi merupakan alat yang terdiri atas sejumlah besar celah sejajar yang terpisah pada jarak yang sama. Jarak antara dua celah berturutan disebut konstanta kisi( $d$ ).

Definisi tetapan kisi:

*Jika  $N$  menyatakan banyak garis persatuan panjang, maka tetapan kisi  $d$  adalah*

$$\text{kebalikan dari } N. \text{ secara matematis } d = \frac{1}{N}$$

Jika seberkas sinar datang melalui celah, maka sinar tersebut akan mengalami peristiwa interferensi dan difraksi, bila ditangkap dengan layar akan tampak pola garis terang dengan warna yang bermacam-macam tergantung panjang gelombangnya. Jika jarak antara dua celah berurutan adalah  $d$  dan panjang gelombang sinar adalah  $\lambda$ , maka dipenuhi persamaan  $d \sin \theta = m \lambda$  dengan  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

### Metode

Metode penelitian ini menggunakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK). PTK merupakan proses pengkajian suatu masalah pada suatu kelas melalui system daur ulang dari berbagai kegiatan, seperti yang ditunjukkan pada bagan dibawah ini:

Merencanakan → Melakukan Tindakan → Mengamati dan menilai → Merefleksikan → Merencanakan → Melakukan Tindakan → Mengamati dan Menilai → Merefleksikan → dan seterusnya. Langkah – langkah yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

- Identifikasi masalah, yaitu mengamati dan mengumpulkan data tentang masalah yang sedang terjadi. Cara yang dilakukan adalah mengadakan observasi di kelas XII A-1. Observasi mengikuti langsung proses pembelajaran fisika di kelas XII A-1, memberikan angket kepada siswa untuk mengetahui motivasi dalam belajar fisika dan melakukan wawancara dengan guru fisika yang mengajar kelas XII A-1
- Perencanaan, membuat suatu kerangka berpikir untuk menyelesaikan masalah tersebut. Menyusun rencana pelaksanaan pembelajaran dengan model DI, membuat soal-soal latihan, membuat modul praktikum dan LKS, menyusun tes hasil belajar untuk siswa, mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan untuk praktikum: celah ganda, dibuat sendiri oleh peneliti menggunakan preparat yang dicat kemudian digores dengan menggunakan cutter, statip, meteran, laser.
- Siklus I, yaitu melakukan apa yang sudah di rencanakan sebelumnya dan di refleksikan apa yang telah terjadi pada pelaksanaan tersebut.
- Permasalahan baru hasil refleksi, jika ada suatu masalah pada saat pelaksanaan pada siklus I maka akan segera di perbaiki.
- Siklus II, pada siklus ini sama seperti pada saat siklus I tetapi lebih mempertimbangan/memperbaiki kesalahan-kesalahan pada siklus sebelumnya.

- f. Jika hasil yang diperoleh pada siklus II sesuai dengan apa yang di harapkan maka penelitian dianggap selesai. Namun jika gagal maka akan dilanjutkan ke siklus berikutnya sampai mendapatkan apa yang diharapkan.

Tempat PTK adalah di SMAK St. Agnes Surabaya, jalan Mendut no. 7 Surabaya. PTK dilakukan pada bulan Agustus –Oktober 2010. Subjek PTK adalah siswa kelas XIIA-1 dengan jumlah 14 siswa dan 20 siswi. Indikator kinerja yang merupakan penilaian dalam penelitian ini adalah indikator hasil belajar siswa yaitu sekurang-kurangnya 80% dari keseluruhan siswa di kelas tersebut mencapai Standar Ketuntasan Minimum (SKM) yang ditentukan (70). nilai rata – rata kelas lebih besar atau sama dengan 70.

### **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Siklus I, materi yang diberikan kepada siswa adalah interferensi Young, dilaksanakan tanggal 27 Agustus 2010 dan 2 September 2010.

#### **Pelaksanaan Tindakan**

Guru menjelaskan dan menurunkan rumus-rumus yang digunakan dalam materi Interferensi Young. Peneliti mengulas kembali materi tentang interferensi Young yang telah diberikan oleh guru kelas. Setelah itu peneliti mengajak siswa untuk melaksanakan model pengajaran langsung. Peneliti membagi siswa dalam 7 kelompok, tiap-tiap kelompok terdiri dari 4-5 siswa. kemudian peneliti membagikan alat-alat praktikum kepada siswa yang dibantu dengan guru kelas. Setelah semua kelompok mendapat alat-alat praktikum guru mulai mendemonstrasikan langkah-langkah percobaan, memberitahu nama alat-alatnya dan menjelaskan cara memperoleh data percobaan. Setelah itu siswa melakukan praktikum dengan bimbingan peneliti. Kelompok yang sudah selesai praktikum langsung membuat analisis data dan memberi kesimpulan. Kemudian peneliti meminta perwakilan dari setiap kelompok untuk mencatat hasilnya di papan tulis dan dibahas bersama. Latihan soal dilaksanakan pada Tanggal 3 September 2010. Peneliti memberikan latihan soal kepada siswa dan meminta mereka untuk mengerjakan. Setelah 30 menit mengerjakan, peneliti memberi kesempatan siswa untuk maju membagikan jawaban kepada teman, dan diberi kesempatan untuk bertanya jika kurang paham. Pelaksanaan tes hasil belajar dilakukan pada tanggal 4 September 2010. Soal tes sebanyak 15 butir dengan rincian 5 soal pemahaman konsep, 5 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian.

#### **Observasi :**

Pada tahap ini peneliti mengamati siswa belum terbiasa untuk melakukan praktikum sehingga masih canggung untuk melakukan sesuatu (menggunakan alat), praktikum yang dilakukan dikelas dirasa kurang mendukung, anggota satu kelompok terlalu banyak yaitu 5 siswa.

#### **Proses Refleksi**

Setelah diadakan koreksi untuk tes hasil belajar siswa, diperoleh data: nilai tertinggi 97,5 dan nilai terendah 35. Nilai rata-rata kelas pada siklus I adalah

75,14. Jumlah siswa yang tidak memenuhi SKM sebanyak 10 siswa dengan prosentase 29,4 % siswa yang tidak tuntas. Dengan adanya masalah-masalah pada siklus I maka dilakukan perbaikan untuk menuju pada siklus II yaitu:

Peneliti melakukan pendekatan dengan siswa agar siswa tidak merasa canggung lagi dengan peneliti, praktikum pada siklus kedua dilaksanakan di laboratorium fisika SMAK St. Agnes Surabaya serta pengurangan jumlah anggota dalam masing-masing kelompok menjadi 4 siswa.

### **Pelaksanaan Siklus II**

Pada pelaksanaan siklus II, peneliti melakukan perbaikan-perbaikan berdasarkan hasil refleksi pada siklus I yaitu peneliti melakukan pendekatan dengan siswa agar siswa tidak merasa canggung lagi dengan peneliti, praktikum pada siklus kedua dilaksanakan di laboratorium fisika SMAK St. Agnes Surabaya. Pengurangan jumlah anggota dalam masing-masing kelompok. Memotivasi siswa agar dapat saling bekerjasama.

### **Perencanaan**

Pada pelaksanaan tindakan kelas siklus II, peneliti mempersiapkan :menyusun instrument penelitian yaitu Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) untuk mengajar sub pokok bahasan interferensi pada celah banyak. Lembar praktikum siswa, yang berisi tujuan, materi, alat percobaan, langkah percobaan dan data percobaan. Membuat soal-soal latihan. Menyusun tes hasil belajar untuk siswa. Soal tes sebanyak 15 butir dengan rincian 5 soal pemahaman konsep, 5 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian. Mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan untuk praktikum: Celah banyak, berupa kisi, Statip, Meteran, lampu.

### **Pelaksanaan Tindakan**

Pelaksanaan PTK oleh peneliti untuk materi interferensi celah banyak pada tanggal 1 oktober 2010. Guru kelas mengajak siswa untuk pindah dari ruang kelas ke laboratorium fisika, setelah sampai di laboratorium mereka duduk secara berkelompok, kemudian peneliti meminta siswa untuk membagi kelompok tersebut sehingga tiap kelompok ada 4 siswa. Kemudian peneliti mengulas materi tentang interferensi celah banyak. Setelah itu peneliti mengajak siswa untuk melaksanakan model pembelajaran langsung. Latihan Soal dilaksanakan pada tanggal 2 September 2010. Pelaksanaan tes hasil belajar dilakukan pada tanggal 8 September 2010. Soal tes sebanyak 15 butir dengan rincian 5 soal pemahaman konsep, 5 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian.

### **Observasi**

Pada tahap ini peneliti mengamati bahwa setiap siswa dalam kelompok melaksanakan praktikum dengan baik. Dapat disimpulkan bahwa dalam 1 kelompok terdapat 4 siswa dirasa sudah efektif. Siswa sudah bisa bekerjasama dengan kelompok. Siswa mulai aktif di kelas dan tidak merasa canggung lagi dengan peneliti

### **Pelaksanaan Refleksi**

Hasil refleksi pada siklus II adalah suasana kelas sudah cukup tenang, kerjasama kelompok mulai terlihat, siswa sudah berani bertanya jika belum paham,

komunikasi siswa dan guru sudah baik, setelah diadakan koreksi untuk tes hasil belajar siswa, diperoleh data sebagai berikut: Nilai tertinggi 100 dan nilai terendah 78. Nilai rata-rata kelas pada siklus II adalah 93,21 dan tingkat ketuntasan 100%. Jumlah siswa yang mencapai SKM adalah 34 siswa. Dari hasil observasi dan refleksi didapatkan bahwa PTK dapat dihentikan karena sudah memenuhi indikator keberhasilan pelaksanaan PTK yang ditetapkan. Berdasarkan hasil angket tentang pembelajaran langsung ini baik atau tidak, ternyata siswa yang memilih jawaban setuju sebanyak 93,9 %. Hasil angket alat peraga yang digunakan selama pengajaran langsung (DI) diterapkan ternyata 82,84% siswa menyatakan baik dan sangat bermanfaat.

## **Kesimpulan**

Penelitian Tindakan Kelas (PTK) di kelas XII A-1 SMAK Santa Agnes Surabaya dilaksanakan dalam 2 siklus untuk mendapatkan hasil penelitian yang memenuhi indikator keberhasilan. Hasil penelitian dalam hal pencapaian SKM juga mengalami peningkatan dari keadaan awal 76,47% sampai keadaan akhir 100% siswa tuntas. Demikian halnya dengan nilai rata-rata kelas meningkat dari keadaan awal 78,61 sampai keadaan akhir 93,21. Hasil angket alat peraga interferensi cahaya menunjukkan bahwa 82,84% siswa setuju bahwa alat peraga interferensi cahaya ini baik dan sangat bermanfaat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penerapan model pengajaran langsung dapat meningkatkan prestasi belajar siswa pada subpokok bahasan Interferensi Cahaya. PTK yang dilaksanakan di SMAK Santa Agnes ini memberikan manfaat bagi siswa, peneliti, dan sekolah. Manfaat bagi siswa adalah meningkatnya kreativitas siswa dalam melakukan praktikum, dan meningkatnya kerja sama antara sesama siswa. Manfaat bagi peneliti adalah meningkatnya kreativitas dalam menciptakan alat peraga yang diperlukan dalam pengajaran, dan meningkatnya keterampilan dalam menerapkan model pengajaran langsung. Manfaat bagi sekolah adalah bertambahnya media pengajaran fisika.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada I-MHERE Research Grant atas bantuan pendanaannya.



## **DAFTAR PUSTAKA**

- Giancoli, Douglas. 2001. Fisika (terjemahan oleh Yuhilza Hanum dan Irwan Arifin). Jakarta: Erlangga.
- Halliday dan Resnick. 1993. Fisika (terjemahan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto). Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, Marthen. 2004. Fisika 3A untuk SMA Kelas XII, Semester 1. Jakarta: Erlangga.
- Kardi dan Nur. 2000. Pengajaran Langsung. Surabaya: UNESA
- Silberman, Mel. 2009. Active Learning (terjemahan oleh Sarjuli). Yogyakarta: Insan Madani.
- Trianto. 2009. Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif. Surabaya: Kencana.
- \_\_\_\_\_. 2000. Model-model Penelitian Tindakan Kelas. (didownload tanggal 7 November 2010 dari [www.ditplb.or.id](http://www.ditplb.or.id).)
- \_\_\_\_\_. 2007. Petunjuk Praktikum Fisika Lanjut Jurusan PMIPA PSP Fisika. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- \_\_\_\_\_. 2009. Direct Instruction. (didownload tanggal 7 November 2010 dari [www.educationbug.org](http://www.educationbug.org).)
- \_\_\_\_\_. 2009. Model Pengajaran Langsung (Direct Instruction). (didownload tanggal 7 November 2010 dari [penelitianindakankelas.blogspot.com](http://penelitianindakankelas.blogspot.com).)

**PERENCANAAN PEMBELAJARAN FISIKA PADA MATERI FLUIDA  
DENGAN PENDEKATAN *LEARNING CYCLES* PENDIDIKAN  
ENTREPRENEUR K-12 CIPUTRA WAY DI SMA Kr MDC KELAS XI  
IPA**

**Johana Theresia Maria Diah Lestari  
SMA Kr. MDC SURABAYA**

**Abstrak :** Pada awal abad 21 ini pasar global dan kompetisi global telah terbuka lebar dan memunculkan kebutuhan akan bentuk organisasi network. Bentuk organisasi semacam ini menghubungkan perusahaan-perusahaan independen untuk menyediakan keahlian-keahlian kritis yang diperlukan bagi proyek atau produk tertentu.

Bentuk organisasi network ini menuntut setiap SDM memiliki keahlian teknis, komersial, *self-governance* dan *collaborative*. Disinilah letak peranan pendidikan sebagai penyedia SDM yang dibutuhkan untuk menjawab tantangan di abad 21. Pembelajaran dan pengajar kontekstual melibatkan para siswa dalam aktivitas penting yang membantu mereka mengaitkan pelajaran akademis dengan konteks kehidupan nyata yang mereka hadapi. CTL dapat diterapkan dalam kurikulum apa saja, bidang studi apa saja, dan kelas yang bagaimanapun keadaannya.

Penerapan CTL ini oleh *Ciputra Foundation* di disain sebagai program pendidikan Entrepreneur K-12 Ciputra way menggunakan *Learning Cycles*. Pada program pendidikan Entrepreneur ini siswa diharapkan dapat: mempunyai relasi yang baik dengan Tuhan, menjadi inovator, memecahkan masalah, berani mengambil resiko, berpikiran terbuka, mampu mengkomunikasikan idenya, mampu bekerja dalam tim, mempunyai pengetahuan, merefleksikan yang dipelajari, menciptakan kesempatan bekerja, dan mengelola keuangan dengan baik. Pada program ini karakter siswa yang dikembangkan adalah; *integrity, independence, respect, enthusiasm, curiosity, creativity, self control, responsibility, self direction, tolerance, caring, assertiveness, persuasiveness, self productivity*. Pada pembelajaran ini menggunakan penilaian otentik.

Perencanaan pembelajaran Fisika pada materi Fluida dengan pendekatan *Learning Cycles* dimulai dengan pembuatan peta materi dahulu, penentuan indikator dan pembuatan silabus beserta bentuk dan format penilaiannya. Diharapkan setelah belajar Fisika dengan pendekatan ini siswa dapat memiliki kompetensi yang dibutuhkan untuk menjawab tantangan abad 21.

**Kata Kunci :** SDM, CTL, program pendidikan Entrepreneur K-12 Ciputra way, *Learning Cycles*

## Pendahuluan

Pada peralihan abad 21 ini telah terjadi perubahan yang begitu pesat. Untuk menjawab perubahan yang terus menerus muncul ini diperlukan Sumber Daya Manusia (SDM) yang kuat, mampu beradaptasi dengan cepat, tanggung jawab dan kompetitif.

Pada awal abad 21 ini pasar global dan kompetisi global telah terbuka lebar dan memunculkan kebutuhan akan bentuk organisasi network. Bentuk organisasi semacam ini menghubungkan perusahaan-perusahaan independen untuk menyediakan keahlian-keahlian kritis yang diperlukan bagi proyek atau produk tertentu.

Bentuk organisasi network ini menuntut setiap SDM memiliki keahlian teknis, komersial, *self-governance* dan *collaborative*. Collaborative skill yang diperlukan meliputi : (1) Referral skill: kemampuan menganalisa masalah dan menentukan solusi; (2) Partnering skill: kemampuan mengkonseptualisasi, menegosiasi dan mengimplementasikan hasil-hasil yang saling menguntungkan; dan (3) Relationship management.

Disinilah letak peranan pendidikan sebagai penyedia SDM yang dibutuhkan untuk menjawab tantangan di abad 21. Dunia pendidikan sekarang dituntut untuk senantiasa melakukan inovasi dalam pembelajaran, pada berbagai aspeknya, mulai dari visi, misi, tujuan, program, layanan, metode, teknologi, proses, sampai evaluasi.

## Kajian Pustaka

Belajar menurut Wingkel (1987) adalah suatu aktifitas mental dan psikis yang berlangsung dalam interaksi dengan lingkungan yang menghasilkan perubahan-perubahan tingkah laku pada diri sendiri berkat adanya interaksi antara individu dengan individu dan individu dengan lingkungan. Dari definisi belajar tersebut dapat diketahui bahwa belajar selalu berorientasi terhadap siswa peserta belajar.

Apabila belajar berorientasi pada siswa maka segala aspek dari diri siswa peserta belajar maupun hal-hal lain yang mempengaruhi belajarnya juga harus diperhatikan. Hal-hal yang mempengaruhi belajar siswa antara lain: sifat keunikan dari masing-masing individu siswa, motivasi siswa untuk belajar, suasana belajar dan lain-lain.

Menurut teori Gestalt dalam proses pembelajaran hendaknya memperhatikan prinsip :

1. *Insight* adalah suatu saat dalam proses belajar dimana seseorang melihat pengertian tentang sangkutpaut dan hubungan-hubungan tertentu dalam unsure yang mengandung suatu problem.
2. Pembelajaran yang bermakna (*meaningful learning*); Makin jelas makna hubungan suatu unsur akan makin efektif sesuatu yang dipelajari. Hal ini sangat penting dalam kegiatan pemecahan masalah, khususnya dalam identifikasi masalah dan pengembangan alternatif pemecahannya. Hal-hal

yang dipelajari peserta didik hendaknya memiliki makna yang jelas dan logis dengan proses kehidupannya.

3. Perilaku bertujuan (*puspositive behavior*); bahwa perilaku terarah pada tujuan. Proses pembelajaran akan berjalan efektif jika peserta didik mengenal tujuan yang ingin dicapainya
4. Prinsip ruang hidup (*life space*); bahwa perilaku individu memiliki keterkaitan dengan lingkungan dimana ia berada. Oleh karena itu, materi yang diajarkan hendaknya memiliki keterkaitan dengan situasi dan kondisi lingkungan kehidupan peserta didik.

Transfer belajar akan terjadi apabila peserta didik telah menangkap prinsip-prinsip pokok dari suatu persoalan dan menemukan generalisasi untuk kemudian digunakan dalam memecahkan masalah dalam situasi lain. Oleh karena itu, guru hendaknya dapat membantu peserta didik untuk menguasai prinsip-prinsip pokok dari materi yang diajarkannya.

Dalam pembelajaran hal-hal lain yang harus diperhatikan antara lain: (1) perhatian dan motivasi, (2) keaktifan, (3) keterlibatan langsung/ berpengalaman, (4) pengulangan, (5) tantangan, (6) balikan dan penguatan, dan (7) perbedaan individual. Berdasarkan hal-hal tersebut maka pembelajaran dan pengajaran kontekstual (CTL, Contextual Teaching and Learning) diharapkan dapat membuat pembelajaran yang lebih bermakna bagi siswa.

Pembelajaran dan pengajar kontekstual melibatkan para siswa dalam aktivitas penting yang membantu mereka mengaitkan pelajaran akademis dengan konteks kehidupan nyata yang mereka hadapi. Dengan mengaitkan keduanya, para siswa melihat makna didalam tugas sekolah. Ketika para siswa menyusun proyek atau menemukan permasalahan yang menarik, ketika mereka membuat pilihan dan menerima tanggung jawab, mencari informasi dan menarik kesimpulan. Dalam konteks itu, siswa perlu mengerti apa makna belajar, apa manfaatnya, dalam status apa yang mereka pelajari berguna bagi hidupnya nanti. Dengan itu memposisikan sebagai diri sendiri yang memerlukan suatu bekal untuk hidupnya nanti. Mereka mempelajari apa yang bermanfaat bagi dirinya dan berupaya mengapainya. Dalam upaya itu, mereka memerlukan guru sebagai pembimbing.

Menurut Zahorik (1995:14-22) ada lima elemen yang harus diperhatikan dalam praktek pembelajaran kontekstual antara lain :

1. Pengaktifan pengetahuan yang sudah ada.
2. pemerolehan pengetahuan baru dengan cara mempelajari secara keseluruhan dulu, kemudian memperhatikan detailnya.
3. Pemahaman pengetahuan yaitu dengan cara menyusun (a) konsep sementara (hipotesis), (b) melakukan sharing kepada orang lain agar mendapatkan tanggapan (validasi) dan atas dasar tanggapan itu (c) konsep tersebut direvisi dan dikembangkan.
4. Mempraktekkan pengetahuan dan pengalaman tersebut.
5. melakukan refleksi (*reflecting knowledge*) terhadap strategi pengembangan pengetahuan tersebut.

Pada pembelajaran kontekstual (Contextual Teaching And learning = CTL) terdapat tujuh komponen utama, yaitu: konstruktivisme (*construtivism*), bertanya (*questioning*), menemukan (*inquiry*), masyarakat belajar (*learning community*), pemodelan (*modeling*), refleksi (*reflection*) dan penilaian sebenarnya (*authentic assessment*). Sebuah kelas dikatakan menggunakan pendekatan CTL jika menerapkan ketujuh komponen tersebut dalam pembelajarannya. Dan untuk melakukan itu tidak sulit, CTL dapat diterapkan dalam kurikulum apa saja, bidang studi apa saja, dan kelas yang bagaimanapun keadaannya.

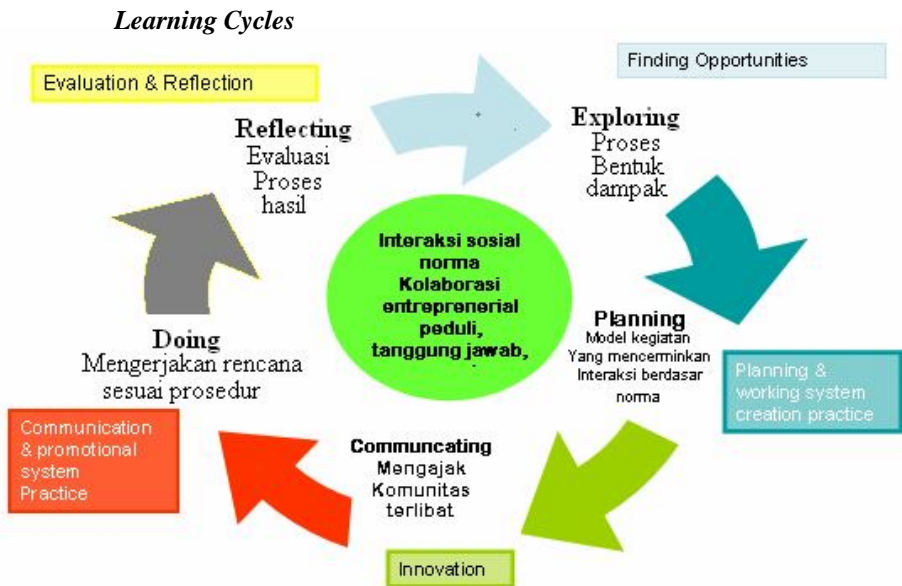
Penerapan CTL dalam kelas cukup mudah, secara garis besar langkahnya berikut lainnya:

- (1) kembangkan pikiran bahwa anak akan belajar lebih bermakna dengan cara bekerja sendiri, menemukan sendiri, menemukan sendiri, dan mengkonstruksi sendiri pengetahuan dan keterampilan barunya;
- (2) laksanakanlah sejauh mungkin kegiatan inquiry untuk semua topik;
- (3) kembangkan sifat ingin tahu siswa dengan bertanya;
- (4) ciptakan masyarakat belajar (belajar dalam kelompok-kelompok);
- (5) hadirkan model sebagai contoh pembelajaran;
- (6) lakukan refleksi di akhir pertemuan; dan
- (7) lakukan penilaian sebenarnya dengan berbagai cara.

Penerapan CTL ini oleh *Ciputra Foundation* di disain sebagai program pendidikan Entrepreneur K-12 Ciputra way yang menggunakan Learning Cycles.

Pada program pendidikan Entrepreneur ini siswa diharapkan dapat: mempunyai relasi yang baik dengan Tuhan, menjadi inovator, memecahkan masalah, berani mengambil resiko, berpikiran terbuka, mampu mengkomunikasikan idenya, mampu bekerja dalam tim, mempunyai pengetahuan, merefleksikan yang dipelajari, menciptakan kesempatan bekerja, dan mengelola keuangan dengan baik.

Pada program ini karakter siswa yang dikembangkan adalah; *integrity, independence, respect, enthusiasm, curiosity, creativity, self control, responsibility, self direction, tolerance, caring, assertiveness, persuasiveness, self productivity*. Pada program ini pendekatan yang digunakan adalah *Learning Cycles* sebagai berikut:



(sumber: National Teaching Conference, Bali 2009)

#### Tahapan Silkus Belajar (Learning Cycles)

1. Ekplorasi (*Exploring*), pada tahap ini siswa melakukan kegiatan pencarian hal-hal yang menarik dan baru yang ada disekitar kehidupan mereka. Melalui kegiatan observasi, konferensi dan membaca, dan difasilitasi melalui pertanyaan-pertanyaan siswa dapat memecahkan masalah dari obyek yang diamati. Siswa mencari keterkaitan antara pengetahuan yang dibangunnya selama proses ekplorasi dengan ide/gagasan yang akan dipakai untuk memecahkan masalah dalam project yang akan mereka buat.
2. Perencanaan (*Planning*), pada tahap ini siswa menyatukan beberapa informasi yang diperoleh tentang keunggulan dan keunikan dari sebuah project yang akan direncanakan melalui beberapa sumber (fakta dan data). Lalu siswa membuat suatu project dengan perencanaan yang matang. Perencanaan yang dibuat dalam bentuk proposal untuk membuat project tersebut (termasuk perencanaan mengkomunikasikannya) yang meliputi kerangka waktu, bahan, anggaran yang dibutuhkan, pembangian kerja dalam kelompok.
3. Pelaksanaan (*Doing*), di tahap ini siswa terdorong untuk mengerjakan project sesuai dengan rencana dan standar kerja yang sudah ditetapkan dalam perencanaan. Pada saat proses *doing* siswa mengembangkan cara atau strategi untuk mengatasi hambatan-hambatan (masalah) yang akan timbul.

Masalah yang timbul biasanya dalam hal pengoloaan waktu menyelesaikan target yang ditetapkan, konsistensi dalam prosedur kerja.

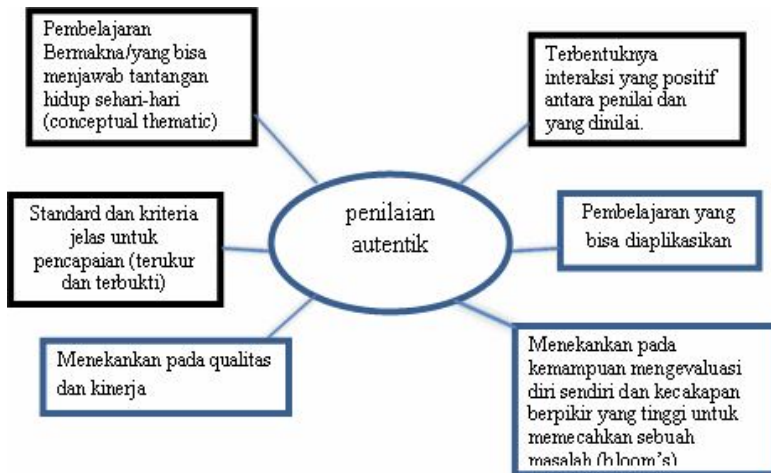
4. Tahap Komunikasi (*Communicating*), siswa menjelaskan pemecahan masalah melalui data yang relevan serta tahapan kerja untuk menghasilkan pemecahan masalah, siswa mampu menjelaskan keunikan hasil inovasinya berdasarkan data. Dalam tahap ini siswa dapat mengembangkan rasa percaya diri dengan tampil di depan umum dan dapat memanfaatkan penggunaan media alat komunikasi yang digunakan mendukung image positif tentang pemecahan masalah/ hasil inovasi tersebut.
5. Tahap Refleksi, siswa diajak untuk mengevaluasi diri tentang project yang dibuat, evaluasi itu meliputi: identifikasi dan mengenali kemajuan belajar yang telah dicapai, mengenali hubungan antara hasil dengan proses tahapan bekerja yang dilakukan, mengidentifikasi dan menentukan kemungkinan-kemungkinan peningkatan hasil yang telah tercapai, mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi penghambat dan cara mengatasinya, menentukan target-target berikutnya berdasarkan refleksi dan evaluasi dan mengidentifikasi pengakuan dari orang lain tentang hasil projectnya/ inovasinya.

Evaluasi keberhasilan dari setiap pembelajaran dapat diperoleh melalui suatu penilaian. Penilaian adalah suatu proses yang mengukur kelebihan dan kekurangan dari siswa yang meliputi tiga aspek, yaitu: kognitif (pengetahuan), afektif (sikap/ karakter/ perilaku) dan psikomotor (praktek) secara berkesinambungan untuk membentuk pertumbuhan perilaku dan kinerja siswa. Penilaian ini sifatnya terbuka dan melibatkan siswa karena orientasi pembelajaran ini adalah pada siswa. Siswa harus tahu target belajar mereka dan kinerja yang diharapkan dari pembelajaran supaya dapat merasa memiliki proses belajar tersebut dan bentuk penilaiannya adalah penilaian otentik yang tidak hanya menggunakan tes tertulis saja melainkan juga dengan observasi cara kerja dan analisa hasil kerja lewat presentasi, laporan/ jurnal kerja dan konferensi.

Menurut John Mueller, penilaian otentik adalah bentuk asesmen dimana siswa diminta untuk menunjukkan tugas-tugas yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari (*real-world task*) yang menunjukkan aplikasi bermakna dari pengetahuan dan keterampilan siswa tersebut (*Authentic Assesment Tool Home Page*). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penilaian otentik yaitu: memandang penilaian dan pembelajaran secara terpadu, mencerminkan masalah dunia nyata, menggunakan berbagai cara dan criteria, holistik (kompetensi utuh merefleksikan pengetahuan, keterampilan, dan sikap) dan berdasarkan pengalaman belajar (tatap muka, tugas terstruktur, dan tugas mandiri tidak terstruktur).

Pada kurikulum tingkat satuan pelajaran (KTSP), standar yang dimaksud adalah standar kompetensi (SK), kompetensi dasar (KD), dan standar kompetensi lulusan yang dikeluarkan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) yang terdapat pada PP no 22 tahun 2006. Rubrik merupakan salah satu alat untuk mengumpulkan informasi tentang kompetensi yang dicapai oleh siswa. Bentuk-bentuk rubrik yang dikembangkan oleh pusat pengembangan penilaian diantaranya berbentuk tugs-tugas proyek, unjuk kerja (*performance*), portofolio atau berbentuk tes tertulis seperti tes pilihan ganda, atau isian dengan

memperhatikan indikator dalam silabus. Penilaian otentik mendorong pengintegrasian dari proses pembelajaran, proses belajar dan proses asesmen (penilaian).



*Diterjemahkan dari: How to assess authentic learning –Kay Burk p.xx1*

## Pembahasan

### Perencanaan Pembelajaran Fisika Dengan *Learning Cycles*

Materi yang akan digunakan sebagai contoh pada pembelajaran ini adalah Fluida. Perencanaan dimulai dengan melihat SK dan KD tentang Fluida pada pelajaran Fisika yang terdapat di PP no 22 tahun 2006, setelah itu guru membuat peta kompetensi Fluida dengan memperhatikan ketiga aspek yaitu kognitif, afektif dan psikomotor yang ingin ditumbuhkan pada diri siswa (lampiran 1). Standar kompetensinya adalah menerapkan konsep dan prinsip mekanika klasik sistem kontinu dalam menyelesaikan masalah, sedangkan kompetensi dasarnya adalah menganalisis hukum-hukum yang berhubungan dengan fluida statis dan dinamik serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari

Dengan memperhatikan peta kompetensi Fluida, guru membuat indikator-indikator keberhasilan pembelajaran tentang Fluida, antara lain:

1. Siswa dapat mengidentifikasi hukum-hukum dan rumus-rumus pada fluida statis
2. Siswa dapat mengidentifikasi hukum-hukum dan rumus-rumus pada fluida dinamis
3. Siswa dapat menjelaskan penerapan hukum-hukum fluida statis pada kehidupan sehari-hari



4. Siswa dapat menjelaskan penerapan hukum-hukum fluida dinamis pada kehidupan sehari-hari
5. Siswa dapat merefleksikan penerapan hukum fluida pada kehidupan sehari-hari
6. Siswa dapat merencanakan dengan *detail* suatu project yang menggunakan prinsip hukum Fluida
7. Siswa dapat mewujudkan project tentang fluida tersebut dalam bentuk product inovasi yang siap di komunikasikan.
8. Siswa dapat mengkomunikasikan product inovasi tentang fluida tersebut lewat suatu presentasi dan konferensi
9. Siswa dapat menganalisis keunggulan dan kelemahan penerapan product inovasi tentang Fluida pada kehidupan sehari-hari
10. Siswa dapat merefleksikan keberhasilan product inovasi tentang fluida dengan memperhatikan masukan dari *audiencenya*.

Setelah indikator ditentukan, maka guru merencanakan pembelajaran ini dengan memuat silabusnya. Minimal di dalam silabus terdapat: KD, indikator, materi, kegiatan siswa, sumber belajar, alokasi waktu per kegiatan, tagihan penilaian dan jenis instrumen penilaiannya. (lampiran 2)

Penilaian yang akan dilakukan pada KD tentang Fluida ini hendaknya dijelaskan kepada siswa untuk memotivasinya agar semua indikatornya dapat terukur dengan baik, mulai dari pedoman penskoran ,bobot masing-masing instrumen penilaian dan rubrik penilaian yang digunakan.

## Kesimpulan

Pada awal abad 21 ini pergerakan perubahan selalu terjadi dan untuk menjawab tantangan tersebut diperlukan SDM yang kuat, mampu beradaptasi dengan cepat, bertanggung jawab dan kompetitif. Pendidikan disini berperan aktif untuk mewujudkan SDM yang diharapkan lewat pembelajaran yang kontekstual dan inovatif.

Penerapan CTL ini oleh *Ciputra Foundation* di disain sebagai program pendidikan Entrepreneur K-12 Ciputra way yang menggunakan Learning Cycles.

Pada pembelajaran tentang materi Fluida, guru mencoba menerapkan *Learning Cycles* denan langkah-langkah: membuat peta kompetensi berdasarkan SK dan KD, menentukan indikator dari peta kompetensi tersebut dan membuat silabus nya lengkap denga instrumen penilaian yang melibatkan siswa dari awal pembelajaran sampai dengan akhir pembelajaran tersebut.

Pada program pendidikan Entrepreneur ini siswa diharapkan dapat: mempunyai relasi yang baik dengan Tuhan, menjadi inovator, memecahkan masalah, berani mengambil resiko, berpikiran terbuka, mampu mengkomunikasikan idenya, mampu bekerja dalam tim, mempunyai pengetahuan, merefleksikan yang dipelajari, menciptakan kesempatan bekerja, dan mengelola keuangan dengan baik.

Semoga perencanaan pembelajaran ini dapat diterapkan dan semua harapan keberhasilannya dapat terwujud.

### DAFTAR PUSTAKA

- Burke, Kay. 1999. *How to Assess Authentic Learning (The Mindful School)*. Illinois. Skylight Professional Development.
- Cury, Augusto. 2007. *Brilliant Parents Fascinating Teachers*. Jakarta. PT Gramedia Pustaka Utama
- Departemen Pendidikan Nasional. 2002. *Pendekatan kontekstual (Contextual Teaching and Learning)*. Direktorat Jenderal Pendidikan dasar dan menengah. Jakarta. Direktorat Lanjutan . Pertama.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2005. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta. Balai Pustaka
- Echolas. M.J & Shadily.H. 1990. *Kamus Bahasa Inggris*. Jakarta. Gramedia
- Pidarta, Made. 2007. *Landasan Kependidikan*. Jakarta. Rineka Cipta
- Riyanto, Yatim. 2005. *Paradigma Pembelajaran*. Surabaya. Unesa University Press
- Seifert, Kelvin. 2007. *Manajemen Pembelajaran dan Instruksi Pendidikan*. Jogjakarta. IRCiSoD.
- Team Didatik Metodik Kurikulum IKIP Surabaya. 1981. *Pengantar Didatik Metodik Kurikulum PBM*. Jakarta. CV Rajawali.
- Universitas Ciputra Entrepreneurship School. 2009. *Program Pendidikan Entrepreneur K-12 Ciputra way*. Surabaya. Universitas Ciputra Entrepreneurship Center.
- Yuri, Angelina. 2007. *Review Jurnal Characteristic of Managerial Careers in the 21st century*. (Online). (<http://Angel.crysta-corp.com> diakses 27 Juni 2011)

## PEMBELAJARAN FISIKA DENGAN MODEL PERMAINAN KARTU KWARTET

**Yohanes Wellem Mulawato**  
**SMA NEGERI 11 SURABAYA**

**Abstrak.** Pembelajaran fisika di jenjang pendidikan menengah pertama atau menengah atas dianggap oleh siswa sebagai ‘momok’ yang menyeramkan atau menakutkan. Prinsip dasar fisika sebagai bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) seolah terabaikan jika soal-soal fisika itu sulit. Fisika yang menyenangkan, sebagai pengurai/penjelasan dari peristiwa-peristiwa alam semesta, semakin kabur dan hilang artinya dalam soal-soal yang sulit itu. Siswa hanya diminta menguraikan soal-soal itu dalam rumus-rumus yang ada, bukannya menguraikan soal-soal dengan akar/definisi fisika sebagai bagian dari IPA yang menarik. Permainan merupakan salah satu metode pembelajaran yang menyenangkan bagi siapa saja. Biasanya permainan bersifat universal/umum yang dapat dimainkan oleh siapa saja. Permainan kartu merupakan salah satu bentuk permainan yang digemari semua lapisan masyarakat, dari anak-anak sampai orangtua, dari yang pendidikannya rendah sampai pendidikan tinggi, baik kaya maupun miskin, sehingga media permainan kartu dapat membuat pembelajaran fisika bersifat rileks bukan pelajaran yang membosankan. Permainan kartu kuartet adalah salah satu permainan kartu lama dan semakin jarang dimainkan oleh anak-anak jaman sekarang, mungkin anak-anak di kota besar seperti Surabaya ini, permainan kartu kuartet sudah tak dimainkan lagi. Permainan kartu kuartet merupakan salah satu bentuk permainan yang mampu menunjang kreativitas dan daya pikir/imajinasi anak selama permainan berlangsung. Diharapkan dari metode pembelajaran seperti ini, kemampuan kognitif siswa berkembang pula. Pengajar melakukan observasi dan dokumentasi selengkap mungkin untuk merekam seluruh pembelajaran yang berlangsung kemudian melakukan kajian ulang atas pengetahuan dan pengalaman pada pembelajaran sebelumnya sebagai bahan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada pembelajaran berikutnya. Demikian secara bertahap hingga tercapai suatu proses pembelajaran yang maksimal yang mampu membuat siswa dapat berpartisipasi aktif dalam proses belajar mengajar fisika. Permainan kartu kuartet merupakan salah satu media pembelajaran individu dan kelompok yang mampu menciptakan suasana belajar yang menyenangkan sehingga tanpa sadar atau dengan sadar siswa mampu memahami materi fisika yang diberikan guru. Permainan kartu kuartet dibuat pengajar sebagai penunjang kegiatan belajar mengajar di kelas X.

**Kata kunci:** permainan, kartu kuartet, permainan dalam pembelajaran fisika

## **Pendahuluan**

Pelajaran fisika di jenjang pendidikan menengah pertama atau menengah atas dianggap oleh siswa sebagai ‘momok’ yang menyeramkan atau menakutkan. Apalagi saat ini bidang studi fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang di ‘unas’kan, semakin lengkaplah bahwa fisika begitu ‘membosankan’ bahkan ‘menyebalkan’. Hal ini disebabkan begitu banyak rumus yang harus dimengerti bahkan dihafalkan untuk dapat mengerjakan soal-soal fisika. Bahkan ada anggapan bahwa semakin sulit soal, semakin berbobot soal itu, sehingga membuat siswa semakin pusing atau dalam saat tertentu membuat siswa semakin stress.

Penentuan standar kelulusan SMA saat ini, tidaklah menyenangkan bagi guru karena standar kelulusan hanya melihat aspek kognitif saja dan soal yang diujipun berupa pilihan ganda yang hanya menilai hasil akhir jawaban tanpa menilai proses tercapainya hasil jawab siswa. Hal ini meresahkan para guru yang bekerja di sekolah-sekolah, terutama guru yang mengajar mata pelajaran yang di ‘unas’kan. Mata pelajaran sains (MIPA) khususnya fisika merupakan mata pelajaran yang mengembangkan sikap ilmiah, yang membutuhkan proses untuk mencapai hasil yang diinginkan bukan hanya sekedar hasil akhir yang dicapai. Proses ilmiah inilah yang dinilai sebagaimana yang diharapkan sikap ilmiah.

Prinsip dasar fisika sebagai bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) seolah terabaikan jika soal-soal fisika itu sulit. Fisika yang menyenangkan, sebagai pengurai/penjelasan dari peristiwa-peristiwa alam semesta, semakin kabur dan hilang artinya dalam soal-soal yang sulit itu. Siswa hanya diminta menguraikan soal-soal itu dalam rumus-rumus yang ada, bukannya menguraikan soal-soal dengan akar/definisi fisika sebagai bagian dari IPA yang menarik.

Berdasarkan uraian di atas, guru sebagai mediator/fasilitator (menurut GBPP 2004 dan diperjelas dalam KTSP 2006) diharapkan mampu memilih metode pembelajaran yang menarik tanpa melupakan bahwa pelajaran fisika bagian dari IPA. Guru diharapkan mampu memotivasi siswa dalam meningkatkan hasil belajarnya dengan metode pembelajaran yang menarik dan beraneka ragam agar siswa tidak jenuh atau bosan. Jika sistem ‘unas’ tetap dipertahankan, maka guru harus dapat menyesuaikan dengan sistem ini. Pembelajaran fisika yang selama ini terasa membosankan dan memberatkan siswa karena penuh dengan rumus-rumus mesti diubah sedemikian sehingga penggunaan rumus-rumus dapat diminimalkan.

Permainan merupakan salah satu metode pembelajaran yang menyenangkan bagi siapa saja. Biasanya permainan bersifat universal/umum yang dapat dimainkan oleh siapa saja. Permainan kartu merupakan salah satu bentuk permainan yang digemari semua lapisan masyarakat, dari anak-anak sampai orangtua, dari yang pendidikannya rendah sampai pendidikan tinggi, baik kaya maupun miskin, sehingga media permainan kartu dapat membuat pembelajaran fisika bersifat rileks bukan pelajaran yang membosankan. Permainan kartu kuartet adalah salah satu permainan kartu lama dan semakin jarang dimainkan oleh anak-anak jaman sekarang, mungkin anak-anak di kota besar seperti Surabaya ini, permainan kartu kuartet sudah tak dimainkan lagi. Permainan kartu kuartet merupakan salah satu bentuk permainan yang mampu

menunjang kreativitas dan daya pikir/imajinasi anak selama permainan berlangsung. Diharapkan dari metode pembelajaran seperti ini, kemampuan kognitif siswa berkembang pula. Pengajar melakukan observasi dan dokumentasi selengkap mungkin untuk merekam seluruh pembelajaran yang berlangsung kemudian melakukan kajian ulang atas pengetahuan dan pengalaman pada pembelajaran sebelumnya sebagai bahan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada pembelajaran berikutnya. Demikian secara bertahap hingga tercapai suatu proses pembelajaran yang maksimal yang mampu membuat siswa dapat berpartisipasi aktif dalam proses belajar mengajar fisika.

Permainan kartu kwartet merupakan salah satu media pembelajaran individu dan kelompok yang mampu menciptakan suasana belajar yang menyenangkan sehingga tanpa sadar atau dengan sadar siswa mampu memahami materi fisika yang diberikan guru. Permainan kartu kwartet dibuat pengajar sebagai penunjang kegiatan belajar mengajar di kelas X dengan materi Gelombang Elektromagnetik dan Listrik Dinamis.

## **Kajian Pustaka**

### ***Pengertian Belajar***

Belajar merupakan bagian dari kehidupan manusia sehari-hari yang kasat maupun tak kasat mata melalui lingkungan, pergaulan maupun keluarga. Dapat disimpulkan bahwa “Belajar adalah suatu proses usaha yang dilakukan individu untuk memperoleh suatu perubahan tingkah laku yang baru secara keseluruhan sebagai hasil pengalaman individu itu sendiri dalam interaksi dengan lingkungannya”. Oleh sebab itu pembelajaran di kelas ada baiknya tidak hanya satu arah (dari guru ke siswa) tapi juga dua arah, atau guru menciptakan situasi belajar yang bersifat dua arah. Hal ini memerlukan berbagai macam metode pembelajaran. Bisa pula guru membuat situasi belajar merupakan situasi keseharian siswa di lingkungan dan pergaulan siswa sehari-hari, dan siswa lebih banyak atau lebih senang kalau belajar merupakan bentuk permainan.

### ***Pengertian Bermain dan Belajar***

Dalam bermain juga terjadi proses belajar. Persamaannya adalah bahwa dalam belajar dan bermain keduanya terjadi perubahan yang dapat mengubah tingkah laku, sikap dan pengalaman (Drs. M. Ngalim Purwanto,MP dalam bukunya Psikologi Pendidikan). Tetapi keduanya juga terdapat perbedaan yang mendasar yaitu belajar melalui suatu proses yang lama atau waktu yang tak bisa ditentukan kapan proses itu berlangsung, sedangkan bermain hanyalah proses yang tak terlalu lama karena waktu bermain sudah ditentukan oleh permainan itu sendiri atau dengan kata lain proses perubahan dalam bermain waktunya sebentar. Meski demikian hubungan keduanya sangat erat, bahkan ada istilah ‘belajar sambil bermain’ (yang ditekankan adalah belajarnya) atau ‘bermain sambil belajar’ (yang ditekankan adalah bermainnya).

### ***Media Belajar***

Banyak model pembelajaran yang dapat ditemui dalam pembelajaran di kelas untuk memudahkan guru memberikan materi belajar kepada siswa agar cepat dan bisa dimengerti siswa dengan benar dan baik. Model pembelajaran memerlukan

media belajar yang menunjang proses belajar. Beberapa macam media belajar dapat pula dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Media Audio, mencakup beberapa jenis perangkat audio yang berfungsi menyampaikan pesan dari sumber ke penerima pesan, misalnya : radio, tape recorder dan sebagainya.
- b. Media Visual, mencakup berbagai jenis media yang berfungsi untuk menyampaikan pesan dalam bentuk visual (gambar), foto, film dan sebagainya.
- c. Media Audio Visual, atau sering disebut media pandang dengar mampu menyalurkan pesan audio sekaligus pesan visual pada penerima pesan dari sumber dalam waktu yang bersamaan. Media ini meliputi : tv, film dan sebagainya
- d. Media Serbaneka, media ini banyak jenisnya mulai dari yang sederhana seperti papan tulis hingga yang super canggih seperti komputer. Bahkan guru yang sedang mengajar di depan kelas dapat dijadikan salah satu contoh dari media ini.

Agar pemanfaatan media efektif dalam membantu proses pengajaran maka dalam memilih media harus memperhatikan hal-hal berikut :

- kesesuaian antara media pengajaran dengan tujuan yang ingin dicapai
- kesesuaian antara karakteristik media dengan karakteristik pelajaran
- kesesuaian antara karakteristik media dengan karakteristik siswa dan
- ketersediaan media dapat langsung digunakan dalam pembelajaran.

### ***Permainan Kartu***

Permainan kartu yang sering dimainkan adalah kartu bridge, yang juga dilombakan dalam berbagai macam perlombaan nasional maupun internasional. Dalam masyarakat umumnya, permainan kartu yang banyak ditemui adalah permainan kartu remi yang sama dengan kartu bridge dalam 1 set kartu terdiri dari 52 kartu ditambah 2 - 4 kartu joker.

Permainan kartu kuartet berbeda dengan permainan kartu remi atau bridge yang sudah dikenal masyarakat. Permainan kartu kuartet ini memiliki ciri khusus yaitu tiap kartu terdiri dari 4 kartu yang sama tema tapi berbeda gambar sesuai dengan sub-tema yang akan dimainkan, satu set kartu terdiri dari 32 – 40 kartu yang dibagi dalam 8-10 judul/tokoh/tema yang akan dimainkan. Pengajar mengambil 1 set kartu terdiri dari 32 kartu dengan 8 judul/tokoh/tema yang ada dalam materi pelajaran gelombang elektromagnetik dan 1 set kartu lain yang terdiri dari 40 kartu dengan 10 judul/tokoh/tema yang ada dalam materi listrik dinamis. Tujuan permainan kartu kuartet ini adalah mengumpulkan ke-4 kartu dari judul yang sama. Pemain yang mengumpulkan jumlah judul terbanyak dialah pemenangnya. Cara bermain :

- a. Kocoklah kartu kuartet dan bagikanlah kartu kepada setiap pemain masing-masing 4 kartu. Sisanya ditumpuk di tengah.
- b. Seorang pemain (A) meminta sebuah kartu kepada salah seorang pemain yang lain (B atau C atau D) hanya pada salah satu pemain, dengan menyebutkan judul dan nama kartu yang diminta. Apabila pemain B memilikinya, ia harus memberikan pada si A dan A masih boleh terus meminta kartu pada B atau C

- atau D. Apabila B tidak mempunyainya, A dapat mengambil sebuah kartu dari tumpukan kartu di tengah.
- c. Pemain B melakukan hal yang sama kepada pemain C atau D atau A. begitu seterusnya sampai kartu habis.
  - d. Selamat bermain.

## **Metode**

Metode penelitian ini menggunakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK).

### ***Persiapan Penelitian***

Langkah pertama dari persiapan adalah kurikulum dan silabus untuk memetakan pokok bahasan ke dalam metode pembelajaran yang dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok formal dan informal. Metode pembelajaran yang termasuk dalam kelompok formal adalah semua metode pembelajaran yang sering dijumpai dalam pembelajaran di kelas secara umum, sedangkan pembelajaran yang termasuk dalam kelompok informal adalah metode pembelajaran yang dikembangkan tim peneliti secara berkala di luar kelas/dalam kelas dengan situasi bermain kartu. Selanjutnya metode ini diimplementasikan ke dalam rencana pembelajaran fisika dengan memperhatikan tujuan kurikulum dan materi pembelajaran. Media ini dirancang dan dikembangkan agar fleksibel mengakomodasi berbagai macam pokok bahasan. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tahapan ini dari saat perencanaan hingga menjadi sebuah media permainan yang siap pakai kurang lebih 6-8 minggu.

Pembuatan kartu dimulai setelah materi pelajaran disusun bersama dan dibuat dalam 8-10 judul/tema dengan 4 subtema yang dibuat dalam satu set kartu. Gambar dalam tiap kartu disesuaikan dengan subtema-subtema yang telah ditentukan. Adapun pengambilan gambar di dapat dari internet dan browser gambar pada pesona edu fisika. Setelah gambar-gambar di dapat, selanjutnya menyusun kartu dengan menggunakan adobe photoshop dan corel draw sehingga menjadi kartu-kartu yang diinginkan. Pembuatan kartu, mulai dari penyusunan materi sampai menjadi kartu yang benar membutuhkan waktu 2 bulan, mulai akhir januari sampai akhir maret.

### ***Siklus Penelitian***

Penelitian tindakan kelas (PTK) ini rencananya menggunakan sekurangnya dua siklus. Metode yang digunakan adalah permainan kartu kuartet yang dibuat kurang lebih selama 2 bulan dengan 8 macam tema gelombang elektromagnetik dan 10 tema listrik dinamis. Setiap tema memiliki 4 tokoh atau subtema yang membuka wawasan dan pengetahuan siswa tentang gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis, sehingga 1 set permainan kartu kuartet tentang gelombang elektromagnetik memiliki 32 lembar kartu dan 1 set permainan kartu kuartet tentang listrik dinamis memiliki 40 lembar kartu.

Penelitian tindakan kelas (*classroom action research*) adalah penelitian yang dilakukan oleh seorang guru di sekolah tempat mereka mengajar dengan penekanan pada peningkatan dan penyempurnaan kegiatan belajar mengajar dalam usaha mencapai prestasi belajar yang maksimal.

Tujuan penelitian tindakan kelas (*classroom action research*) untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas praktek pembelajaran secara berkesinambungan sehingga meningkatkan mutu hasil instruksional, mengembangkan ketrampilan guru, meningkatkan relevansi, meningkatkan efisiensi pengelolaan instruksional serta menumbuhkan budaya penelitian pada guru.

Secara konseptual, penelitian tindakan kelas adalah bentuk penelitian yang bertujuan untuk mengadakan perubahan keadaan, kenyataan, dan harapan mengenai realitas atau kegiatan sehari-hari. Di dunia pendidikan, kegiatan sehari-hari yang akan diubah adalah pembelajaran di kelas mengenai suatu mata pelajaran tertentu agar menjadi lebih baik dan bermutu. Dengan jalan melakukan sejumlah tindakan yang tepat dan jitu diharapkan dapat ditentukan model pembelajaran yang lebih baik. Perubahan tersebut dapat dilakukan secara internal, bukan eksternal. Dalam hal ini, gurulah sebagai pelaksana program mengadakan perubahan atau pembaharuan di kelasnya sendiri. Oleh karena itu, penelitian ini, memiliki perbedaan yang mendasar jika dibandingkan dengan penelitian pada umumnya.

Pada siswa yang dijadikan sampel diberikan model pembelajaran permainan kartu kwartet. Penelitian bertujuan untuk menguji efektivitas pembelajaran dengan permainan kartu dalam rangka meningkatkan prestasi belajar, motivasi dan kemampuan berpikir kritis siswa untuk kajian materi gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis.

Dipilihnya kajian materi gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis karena materi tersebut mencakup bahasan yang sebenarnya rumit, penuh dengan penyelesaian fisis dan matematis. Di samping itu kajian materi gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis memiliki ciri adanya keterkaitan yang erat antar konsep satu dengan yang lain. Keterkaitan antar konsep itulah yang dalam pembelajaran *teacher center* membuat siswa mengalami kesulitan untuk mengorganisasikannya.

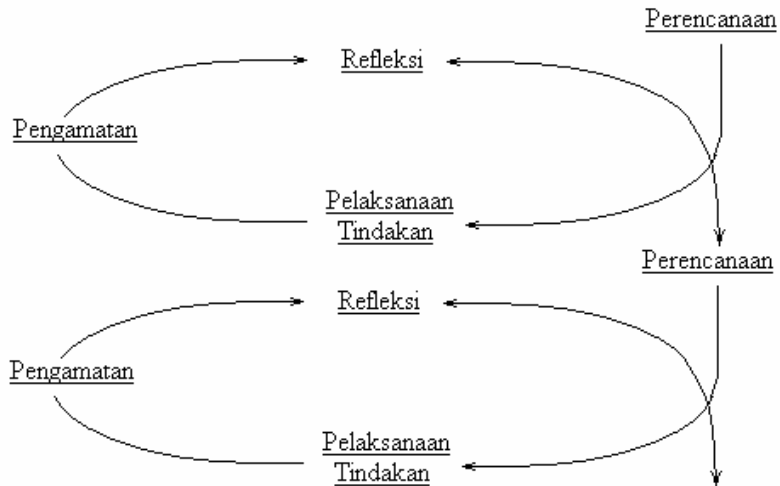
Esensi penelitian tindakan kelas terletak pada adanya tindakan dalam situasi alami untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan praktis pengajaran. Penelitian tindakan kelas (*classroom action research*) ini berangkat dari persoalan-persoalan praktis yang dihadapi pengajar di kelas (Susilo, 2003:72). Desain penelitian yang digunakan mengacu pada model Kemmis dan Mc. Taggart (Depdiknas, 1999:21) yang terdiri dari empat komponen yaitu: perencanaan (*planning*), tindakan (*acting*), pengamatan (*observing*) dan refleksi (*reflecting*).

Penelitian dilaksanakan dalam tiga siklus pembelajaran. Untuk lebih mengefektifkan hasil penelitian, masing-masing siklus diikuti dengan tindakan refleksi. Secara rinci kegiatan yang dilakukan dalam masing-masing fase atau siklus dapat dijelaskan sebagai berikut: siklus pertama, dilakukan dengan pemberian tugas mencari sebanyak mungkin konsep yang berkaitan dengan materi gelombang elektromagnetik atau listrik dinamis melalui permainan kartu kwartet.

Selanjutnya siklus kedua, pelaksanaannya dengan memberikan lembar kerja siswa. Refleksi dari siklus kedua ini dalam bentuk pembahasan



bersama atau evaluasi hasil kerja siswa secara klasikal terhadap materi yang telah dikuasai siswa. Siklus ketiga, dilaksanakan seperti kegiatan pada siklus satu dan dua tetapi kepada siswa diberikan tugas tambahan yaitu penggunaan strategi *problem solving*.



Dapat dikatakan bahwa penelitian tindakan kelas ini bertumpu pada pengalaman sehari-hari dan dilakukan oleh pelaku tindakan sendiri. Kegiatan penelitian ini dilakukan secara timbal balik membentuk spiral: rencana, tindakan, pengamatan, dan refleksi. Hubungan keempat komponen itu dipandang sebagai satu siklus yang digambarkan sebagaimana model penelitian tindakan.

Spiral atau siklus pertama ini berulang terus menerus sampai masalah yang diteliti dapat dipecahkan dengan baik.

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada penelitian ini, data-data yang diambil adalah nilai/skor hasil tes belajar dalam tiap siklus. Hasil tes siklus II diharapkan ada peningkatan dari nilai siklus I dan hasil tes siklus III diharapkan lebih baik dari hasil tes siklus II. Jika siswa telah mendapat nilai  $\geq 70$  maka siswa dikatakan tuntas, namun bila siswa mendapat nilai  $< 70$  maka perlu adanya perbaikan pada perencanaan pembelajaran.

#### Uraian Siklus Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 materi pelajaran, yaitu gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis, dalam proses belajar mengajar dengan model permainan kartu kwartet.

### *Siklus I (Gelombang Elektromagnetik)*



Gambar 1, suasana permainan



Gambar 2, saat diskusi kelompok

Pada hasil tes siklus pertama ini sebagai berikut : satu siswa tidak mengikuti tes karena sakit, siswa yang mengikuti tes lulus semua dengan nilai 70 bagi 26 siswa dan nilai 75 bagi 9 siswa sehingga nilai rata-rata hasil tes untuk siklus pertama adalah 71,3.

### *Siklus II (Gelombang Elektromagnetik)*

Berdasarkan hasil tes siklus pertama, maka diadakan permainan dan tes untuk siklus kedua. Permainan hanya untuk mengingat pelajaran dan dilakukan hanya 10-15 menit awal, selanjutnya siswa diberikan tes evaluasi kedua untuk materi pelajaran gelombang elektromagnetik.



Gambar 3, suasana bermain kartu



Gambar 4, setelah diskusi asyik bermain kartu

Hasil tes evaluasi kedua ini sebagai berikut : dua siswa tidak mengikuti tes karena sakit. Siswa yang mendapat nilai  $< 70$  ada 3 siswa sedangkan yang mendapat nilai  $\geq 70$  ada 31 siswa dan nilai rata-rata hasil tes siklus kedua adalah 74.

Berdasarkan hasil tes siklus kedua diatas, maka peneliti menganggap ada peningkatan hasil belajar materi gelombang elektromagnetik sehingga siklus ketiga tidak perlu diadakan. Untuk menghemat waktu peneliti langsung mengadakan tes hasil belajar siklus pertama materi pelajaran listrik dinamis.

### *Siklus I (Listrik Dinamis)*

Pada hari pertama selama 10-15 menit awal diadakan permainan kartu kuartet sebagai pengingat pelajaran lalu dilanjutkan penjelasan dan presentasi kelompok bermain. Selanjutnya pada pertemuan hari kedua diadakan tes evaluasi pertama materi pelajaran listrik dinamis. Adapun hasil tes siklus pertama ini sebagai berikut : satu siswa tidak mengikuti tes karena tidak masuk tanpa keterangan, 18 siswa mendapat nilai  $< 70$  dan 17 siswa mendapat nilai  $\geq 70$ . Nilai rata-rata tes siklus pertama ini 66,1 masih di bawah standar nilai ketuntasan yang ditetapkan dalam penelitian ini yaitu 70.

### *Siklus II (Listrik Dinamis)*

Berdasarkan nilai rata-rata tes siklus pertama yang masih di bawah rata-rata, sehingga peneliti menjelaskan secara ringkas dan tepat tentang materi listrik dinamis berdasarkan soal dan tema-tema yang ada dalam kartu kuartet yang telah siswa mainkan. Hal ini diperlukan karena materi listrik dinamis terdapat persamaan-persamaan fisika yang perlu penjelasan guru sebagai pihak yang lebih ahli atau telah mendapat materi ini lebih dulu. Persamaan-persamaan dalam listrik dinamis membutuhkan penalaran yang logis, secara garis besar siswa agak kesulitan dalam menyelesaikan persoalan-persoalan listrik dinamis ini. Pada pertemuan berikutnya, peneliti melakukan penjelasan materi listrik dinamis berdasarkan pertanyaan-pertanyaan siswa yang belum dipahami secara baik. Persoalan yang paling besar dihadapi siswa adalah penerapan hukum I Kirchhoff dan hukum II Kirchhoff dalam rangkaian listrik DC. Hal ini disebabkan menggabungkan kedua hukum itu dalam beberapa persamaan matematika berupa persamaan linear 2 atau 3 variabel. Pada pertemuan berikutnya, selama 10-15 menit awal diadakan pengulangan penjelasan dari peneliti sebagai guru pengajar untuk mengingat materi listrik dinamis setelah libur 1 minggu karena ujian sekolah kelas XII, lalu dilanjutkan dengan tes evaluasi kedua materi listrik dinamis.

Hasil tes evaluasi kedua ini sebagai berikut : satu siswa tidak masuk tanpa keterangan, 6 siswa mendapat nilai  $< 70$  dan 29 siswa mendapat nilai  $\geq 70$ , nilai rata-rata tes evaluasi kedua ini 71,5. Berdasarkan hasil tes kedua ini, peneliti merasa perlu memberikan penjelasan materi listrik dinamis, maka diadakan siklus ketiga.

### *Siklus III (Listrik Dinamis)*

Pada pertemuan berikutnya dilakukan penjelasan ulang mengenai materi listrik dinamis berdasarkan hasil tes kedua yang belum begitu dipahami secara baik oleh siswa. Selanjutnya dilakukan tes evaluasi yang ketiga. Hasil tes evaluasi ketiga ini sebagai berikut : satu siswa tidak ikut karena sakit dan semua siswa yang ikut tes mendapat nilai diatas 70 dengan nilai rata-rata tes evaluasi ketiga adalah 88,7. Berdasarkan hasil tes ini, peneliti merasa puas karena ada peningkatan nilai dari siklus I sampai siklus III secara signifikan.



Gambar 5, suasana permainan



Gambar 6, presentasi kelompok sesudah diskusi



Gambar 7, suasana bermain kart



Gambar 8, suasana belajar dan bermain kartu dengan santai

#### Analisis dan Diskusi

Pada laporan hasil kegiatan siswa kelas X selama 2 hari senin tanggal 30 Maret dan 6 April 2009, para siswa berpendapat dan menyampaikan kesan-kesan sebagai berikut :

1. dengan pembelajaran seperti ini (permainan kuartet gelombang elektromagnetik) kami dapat mengerti dan akan bisa lebih memahami tentang Gelombang Elektromagnetik. Dengan ini, siswa tidak akan jenuh bahkan lebih semangat lagi dalam pembelajaran fisika ini. Semoga pembelajaran seperti ini tetap dipakai.
2. dengan adanya metode belajar menggunakan kuartet kita dapat lebih menerima dan menyerap materi pembelajaran pada setiap bab sehingga kita dapat terbantu dalam proses belajar.
3. enjoy banget ! kita bisa merasa nyambung mata pelajaran fisika. Seru abizz!
4. permainan ini sangat menyenangkan dan menggembirakan. Membuat hati senang gembira. Bisa belajar sambil bermain, pokoknya sangat menyenangkan bagi kami.
5. metode pembelajaran seperti ini sangat menarik sehingga pelaksanaannya harus lebih diseringkan lagi

6. kesimpulan dari kami adalah bahwa ketika kami pelajaran biasa kadang kita merasa malas/bosan/bisa saja kurang mengerti. Tapi ketika kita memainkan permainan ini kita mendapat pelajaran cukup mengerti, mudah diingat, mudah untuk dipahami. Karena permainan ini memiliki gambar dan penjelasan yang jelas, sehingga kami bisa menerima dengan jelas dan tidak merasa malas.
7. senang dengan adanya proses pembelajaran seperti ini, tidak membosankan, membuat kita tidak bosan belajar. Khususnya mata pelajaran fisika. Selain itu, kita dapat berlatih konsentrasi dan sifat kejujuran. Kalau bisa mata pelajaran yang menurut para siswa membosankan proses pembelajarannya dibuat permainan seperti proses pembelajaran fisika, supaya tambah seru dan para siswa semangat belajar !
8. kami lebih mudah memahami materi ini dan kami mudah mengingatnya karena disertai gambar. Kami berharap, semoga lebih dikembangkan lagi menjadi lebih baik.
9. permainan seperti ini sangat menyenangkan, jadi bapak/ibu guru tidak monoton dalam mengajar tetapi juga dapat sambil bermain. Harap ditingkatkan lagi permainan seperti ini. Dalam permainan ini kami sekelompok sangat senang diberi kesempatan untuk mempermainkan kartu kuartet fisika ini, yang tidak hanya bermain tetapi juga bisa belajar materi fisika dengan tidak monoton (buku paket, internet).

Pada dasarnya para siswa kelas X merasa senang dan enjoy dengan metode pembelajaran permainan kartu kuartet ini, terutama pembelajaran berlangsung menarik dan santai. Bahkan ada beberapa siswa minta dikopikan kartu kuartet ini agar dapat dimainkan di rumah bersama teman atau keluarganya. Pembelajaran dengan metode permainan kartu kuartet ini tidak hanya membuat siswa tertarik tapi juga menarik perhatian guru-guru yang lain sebagai model pembelajaran inovasi yang baru dan membuat siswa tidak jenuh dengan metode pembelajaran yang konservatif atau monoton, dimana guru sebagai pusat belajar.



Gambar 9, Bapak Usman guru kimia turut mengamati



Gambar 10. Ibu Suharningsih guru kimia ikut bermain

Para siswa kelas X dengan metode pembelajaran permainan kartu kuartet ini sudah tertarik dan senang sehingga peneliti selaku guru fisika mulai memasuki pembelajaran fisika dengan lebih santai dan diperhatikan siswa lebih serius.

Peneliti merasa senang karena proses pembelajaran berlangsung aktif dua arah antara guru dan siswa. Proses pembelajaran semacam ini yang memang diharapkan oleh para siswa dan guru, sehingga proses belajar mengajar di kelas lebih hidup dan menyenangkan. Fisika sebagai pelajaran yang membosankan dan menyusahkan siswa dapat dibuat lebih mudah dimengerti dan difahami oleh siswa, bahkan pelajaran fisika yang dianggap 'momok' menakutkan dan menyeramkan menjadi pelajaran yang disenangi dan digemari karena lebih hidup, santai dan mudah diingat.

Pada materi gelombang elektromagnetik, peneliti hanya memerlukan 2 siklus saja karena para siswa sudah mengerti dan memahami dengan baik. Hal ini karena materi gelombang elektromagnetik menggunakan persamaan yang sederhana dan mudah dipahami. Perhitungan matematikapun masih sangat sederhana seperti kali dan bagi. Persamaan fisika juga masih sederhana, hanya persamaan gelombang biasa, seperti:  $v = \lambda \cdot f$  dan  $d = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t$ .

Pada materi listrik dinamis inilah para siswa mulai merasa kesulitan, karena persamaan yang ada lebih banyak dari materi gelombang elektromagnetik dan perhitungan matematika lebih banyak dari materi gelombang elektromagnetik, bahkan ada perhitungan yang mesti menggunakan persamaan 3 linear yang belum didapatkan siswa dalam materi pelajaran matematika kelas X. Peneliti merasa sedikit kesulitan dalam menerangkan persamaan matematika ini, akan tetapi karena para siswa sudah merasa senang dengan pembelajaran fisika yang menggunakan permainan kartu maka materi yang disampaikan peneliti sebagai guru fisika dapat diterima oleh siswa. Hal ini membuat peneliti merasa senang dan puas karena akhirnya serumit apapun permasalahannya tapi karena siswa sudah merasa 'enjoy' dan senang dengan bentuk permainan kartu kuartet maka penjelasan dan keterangan yang disampaikan peneliti dapat diterima dan dipahami siswa dengan baik.

Metode pembelajaran dengan permainan kartu kuartet ini mampu meningkatkan partisipasi siswa dalam pembelajaran fisika materi gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis dengan bermain kartu sambil belajar dan diskusi kelompok dalam membuat laporan serta mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya di depan kelas. Metode permainan kartu kuartet ini dalam waktu 2 minggu siswa sudah mendapat materi gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis sekaligus, sehingga mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika lebih cepat dari biasanya. Metode permainan kartu dan diskusi kelompok inipun mampu meningkatkan hasil belajar siswa secara signifikan, dapat dilihat pada setiap siklus materi terjadi peningkatan nilai.

## **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di SMA Negeri 11 Surabaya, dapat disimpulkan bahwa:

- Pembelajaran dengan metode permainan kartu kuartet mampu meningkatkan partisipasi siswa dengan kesan yang disampaikan siswa dalam laporan dan presentasi hasil diskusi kelompok setelah bermain kartu kuartet.

- Pembelajaran dengan metode permainan kartu kuartet mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran yang dalam waktu 2 minggu (6 jam pelajaran tatap muka) para siswa telah mendapatkan 2 materi pelajaran yaitu gelombang elektromagnetik dan listrik dinamis. Biasanya dengan cara konvensional, kedua materi pelajaran ini dapat diselesaikan dalam waktu 2 bulan atau lebih (24 jam pelajaran tatap muka atau lebih) dengan rincian 6 jam pelajaran tatap muka untuk materi gelombang elektromagnetik dan 18 jam pelajaran tatap muka materi listrik dinamis.
- Pembelajaran dengan metode permainan kartu kuartet mampu meningkatkan hasil belajar siswa secara signifikan berdasarkan hasil evaluasi siklus I, siklus II dan siklus III (untuk materi listrik dinamis).
- Pembelajaran dengan metode permainan kartu kuartet membuat siswa merasa senang dan santai dalam menerima pelajaran fisika sehingga guru dapat menjelaskan materi pelajaran dan diterima dengan baik oleh siswa.

Metode pembelajaran dengan permainan kartu kuartet mampu meningkatkan partisipasi dan hasil belajar siswa menjadi lebih baik. Siswa merasa pembelajaran dapat dilakukan sambil bermain. Fisika yang dianggap pelajaran membosankan dan menakutkan menjadi pelajaran yang sangat menarik dan santai. Siswa menjadi lebih aktif dalam berdiskusi dan presentasi hasil diskusinya sehingga proses pembelajaran menjadi hidup dan siswa belajar lebih mandiri.

Metode pembelajaran dengan permainan kartu kuartet ini menambah dan memperkaya inovasi pembelajaran yang sudah ada. Jika metode ini dikembangkan pada kelas-kelas, bidang studi-bidang studi atau sekolah-sekolah lain dalam populasi yang lebih besar maka pembelajaran inovasi dan efektivitas kegiatan belajar dapat lebih maksimal.

Penelitian dan karya tulis ini masih jauh dari sempurna. Saran dan kritik membangun sangat kami harapkan demi penelitian dan penulisan karya ilmiah yang lebih baik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bodner, 1985, Media dalam Pembelajaran  
Djamarah, Syaiful Bahri, 2002, Psikologi Belajar, Jakarta, PT Rineka Cipta  
Drost, 1998, Sekolah: Mengajar atau Mendidik?, Yogyakarta, Kanisius  
Drost, 2005, Dari KBK sampai MBS, Jakarta, Kompas  
Endang Ekowati, Model-model Pembelajaran  
Goris Seran Daton, 2007, Fisika untuk SMA kelas X, Jakarta, Grasindo  
Kamajaya, Cerdas Belajar Fisika untuk Kelas X, Jakarta, Grafindo Media Pratama  
Kunandar, 2008, Langkah Mudah Penelitian Tindakan Kelas, Jakarta, Rajawali Pers  
Marthen Kanganin, Fisika untuk SMA kelas X, Jakarta, Erlangga  
M. Ngilim Purwanto, 1990, Psikologi Pendidikan, Jakarta, PT Remaja Rosdakarya

- Tedjasaputra, Mayke S., 2001, *Bermain, Mainan dan Permainan*, Jakarta, Grasindo
- Trianto, 2007, *Model-model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktif*, Jakarta, Prestasi Pustaka
- Viva Pakarindo, *Kreasi Belajar Siswa Aktif*



## RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT UKUR RPM DENGAN LASER He-Ne

Hery Suyanto

Jurusan Fisika FMIPA

UNIVERSITAS UDAYANA

Jl. Kampus Bukit Jimbaran, Kuta, Badung, Bali, 80361

**Abstrak.** Telah dilakukan perancangan dan pembuatan alat pendeteksi frekuensi sinyal optik laser He-Ne. Frekuensi sinyal optik dihasilkan dengan mencacah sinar laser He-Ne dengan putaran kipas angin. Sinyal optik ditangkap oleh sensor EL 7900 menghasilkan arus dan dikonversi ke tegangan oleh IC LM 358 yang kemudian diumpungkan ke transistor C 945 sebagai saklar untuk menghasilkan tegangan 5V saat hidup (on) dan 0 V saat mati (off). Keluaran transistor dihubungkan ke osiloskop untuk mendeteksi periode sinyal optik dan frekuensi putaran kipas angin. Kalibrasi alat dilakukan dengan frekuensi standar dari lampu stroboscope dengan kesalahan  $< 0,5 \%$ . Salah satu aplikasi telah dilakukan pendeteksian banyaknya putaran tiap menit (RPM) kipas angin fungsi tegangan dengan korelasi 99,7 %

**Kata Kunci :** Laser He-Ne, frekuensi sinyal optik, sensor EL 7900, IC LM 358, transistor C 945, stroboscope, RPM

### Pendahuluan

Peralatan elektronika merupakan bagian dari kehidupan manusia. Dalam aktivitasnya, manusia didukung berbagai macam peralatan elektronika agar lebih praktis, efisien serta dapat mengendalikan secara otomatis. Kehidupan modern saat ini tidak terlepas dari pengaruh perkembangan teknologi, salah satunya adalah kendaraan bermotor sebagai sarana transportasi dengan penggerak utamanya adalah perputaran poros mesin. Serupa dengan makhluk hidup, mesin juga mempunyai keterbatasan yang apabila dilanggar dapat mengakibatkan bencana bagi pemakainya. Perputaran poros mesin yang melebihi batas aman dan terus menerus digunakan akan mengakibatkan pelumasan tidak merata, kerusakan atau keausan bagian-bagian tertentu dari mesin. Oleh karena itu sangatlah penting untuk mengetahui berapa besar perputaran mesin dalam keadaan normal sehingga dapat dilakukan pencegahan terhadap bencana yang ditimbulkan. Alat yang digunakan untuk mengukur banyaknya putaran tiap menit (Revolution per minute, RPM) disebut tachometer. Alat ini dihubungkan langsung dengan benda yang berputar kemudian dikonversikan secara analog dengan satuan RPM. Dengan teknik ini, selain akan membebani benda yang berputar juga akan menyebabkan keausan. Untuk mengatasi hal ini maka dibuat alat tachometer yang dapat mengukur langsung tanpa bersentuhan dengan objeknya serta dikonversi secara digital untuk akurasi pembacaan. Alat ini menggunakan laser He-Ne sebagai pembawa informasi dan sensor EL 7900 sebagai penererima (*Receiver*) serta osiloskop sebagai pengolah data. Adapun kelebihan dari alat ini adalah

mudah dioperasikan, aman, dan komponen-komponen elektronika yang digunakan dalam perancangannya mudah ditemukan di pasaran, murah serta banyak aplikasi lainnya khususnya dalam penelitian berbasis optik.

## Kajian Pustaka

### 1. Gelombang

Getaran merupakan proyeksi dari benda yang bergerak melingkar beraturan. Bila getaran dirambatkan akan menghasilkan gelombang. Sehingga besaran-besaran fisika gerak melingkar seperti jari-jari lingkaran, besar sudut putar ( $\theta$ ), kecepatan sudut/angular ( $\omega$ ) dan waktu putar periode ( $T$ ) juga merupakan variabel pokok dari gelombang. Bila benda yang bergerak melingkar dengan jari-jari  $A$ , kecepatan angular  $\omega$  pada saat posisi sudut  $\theta$  diproyeksikan ke arah sumbu vertikal  $y$ , maka secara matematika persamaan simpangan getaran,  $y$ , dapat dinyatakan: (William T, 1981)

$$y = A \sin \theta = A \sin \omega t = A \sin 2\pi f t \quad \dots\dots 1$$

Persamaan 1 menunjukkan persamaan getaran dengan amplitude  $A$ , sudut terhadap sumbu  $x$  adalah  $\theta$ , kecepatan sudut  $\omega = 2\pi f$  dan frekuensinya  $f$ . Bila getaran ini dirambatkan dengan kecepatan  $v$  dan pada saat posisi di  $x$  dari sumber, persamaan simpangannya :

$$y = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad \dots\dots\dots 2$$

Persamaan 2 menunjukkan persamaan simpangan di posisi  $x$  dan pada saat waktu  $t$  dari sumber getaran, serta periode dan panjang gelombang masing-masing adalah  $T$  dan  $\lambda$ .

Sedangkan untuk menghitung banyaknya putaran per menit (RPM) harus dihitung frekuensi putar (angular) gerak melingkar yaitu :

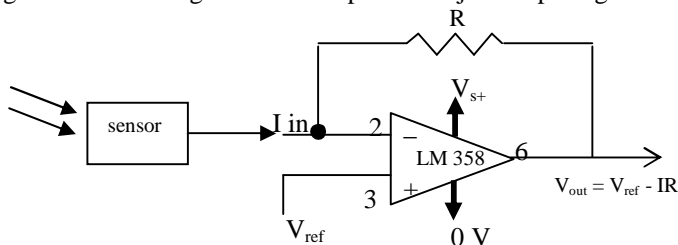
$$\omega = 2\pi f \text{ (rad / s)} = f \text{ (putaran / s)}$$

$$\text{sehingga RPM} = f \times 60 \text{ (putaran / menit)} \quad \dots\dots 3$$

Dimana  $f$  frekuensi gerak melingkar.

### 2. Rangkaian Elektronika

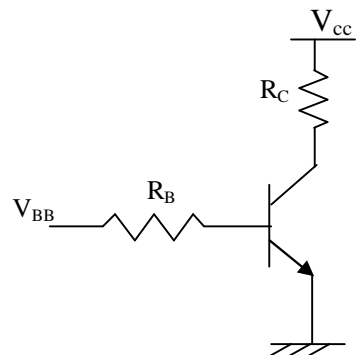
Ada beberapa rangkaian dasar elektronika sebagai penunjang suatu peralatan, diantaranya rangkaian perubah arus menjadi tegangan seperti gambar 1 dan rangkain saklar seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1. Rangkaian perubah arus menjadi tegangan.(NSC, 2002)

Terlihat pada gambar 1, cahaya mengenai sensor dan menghasilkan arus ( $I$ ) yang besarnya sebanding dengan intensitas cahaya yang diterima. Bila menggunakan sensor yang menghasilkan arus negatif seperti sensor EL 7900, maka arus yang dihasilkan ( $I_{in}$ ) masuk ke pembalik masukan (inverting input of amplifier) pin 2 dari LM 358 dan dirubah ke tegangan sebesar  $V_{out} = V_{ref} - IR$ . Dimana  $R$  adalah hambatan dan  $V_{ref}$  merupakan tegangan referensi yang mana untuk kasus ini sama dengan 0 V. sehingga nilai  $V_{out}$  negatif. Sedangkan bila arus negatif yang dihasilkan oleh sensor tersebut diumpankan ke *non-inverting input* dari standar amplifier maka akan terjadi bias (biased half-way). Misalkan dengan konfigurasi tegangan *single supply* 3 V, maka *non-inverting input* akan membias sebesar 1.5 V. Akibatnya, untuk menghasilkan tegangan output  $V_{out}$  harus mengatur  $V_{ref}$  agar dapat mengakomodir arus yang dihasilkan oleh sensor. Selain dari itu konfigurasi ini dapat menyebabkan keluaran arus dari sensor EL 7900 menjadi setengah range yaitu 350-700  $\mu A$  ( normal nya 0 -700  $\mu A$ ) dari range iluminasi 0 -2000 Lux. (Mike W. 2011)

Gambar 2, menunjukkan transistor difungsikan “ sebagai saklar” (B.L. Theraja,1995 dan belajar elektronika.com, 2011) menunjukan bahwa dengan cara mengatur arus basis  $I_b$  maka transistor bisa dalam keadaan jenuh (saturasi) atau daerah mati (cu-off). Dengan mengatur  $I_b > I_c / \beta$ , kondisi transistor menjadi jenuh yang mana seakan kolektor dan emitor *short circuit*. Arus mengalir dari kolektor ke emitor tanpa hambatan dan  $V_{ce} \cong 0$ , sehingga  $I_c = V_{cc}/R_c$ . Keadaan seperti ini menyerupai saklar dalam kondisi tertutup (on). Tetapi bila  $I_b = 0$  atau tidak memberi tegangan pada bias basis atau basis diberi tegangan mundur terhadap emitor maka transistor akan dalam kondisi mati (cut-off), sehingga tidak ada arus mengalir dari kolektor ke emitor ( $I_c \approx 0$ ) dan  $V_{ce} \approx V_{cc}$ . Keadaan ini menyerupai saklar pada kondisi terbuka (off).

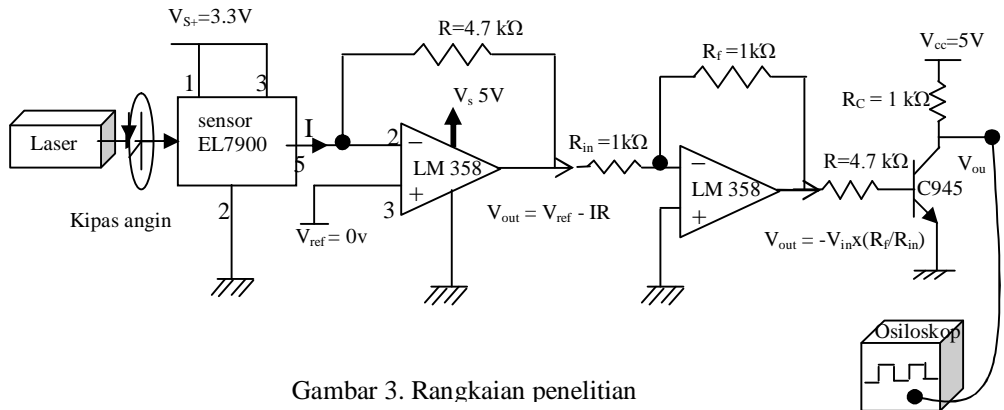


Gambar 2. Transistor sebagai saklar <sup>(1,2)</sup>

### Penelitian

Pada penelitian untuk menentukan RPM ini dibagi menjadi 3 tahapan, seperti pada gambar 3:

1. Tahap penghasil pulsa/sinyal optik. Untuk menghasilkan sinyal optik, sinar Laser He-Ne dicacah (copper) oleh kipas angin dan dengan memvariasi tegangan kipas angin akan diperoleh frekuensi sinyal optik yang berbeda-beda.



Gambar 3. Rangkaian penelitian

2. Tahap perubah sinyal optik/cahaya ke sinyal listrik. Berdasarkan gambar 3, tahap ini dibagi menjadi 5 bagian :
  - a. Sensor optik EL 7900<sup>(3)</sup> sebagai detektor yang merubah cahaya menjadi arus listrik
  - b. IC LM KIA 358 POE difungsikan sebagai perubah arus listrik menjadi tegangan
  - c. IC LM KIA 358 POE berikutnya sebagai pembalik tegangan
  - d. Transistor NPN ST C 945 G berfungsi sebagai saklar
  - e. Oscilloscope digunakan untuk mengukur frekuensi sinyal optik
3. Perhitungan RPM yaitu dengan menggunakan persamaan 3.

Catatan : Dalam penelitian ini menggunakan dua sensor EL 7900 untuk bisa digunakan pendeteksian dua RPM sekaligus dalam penelitian lain seperti pengukuran jarak dsb.

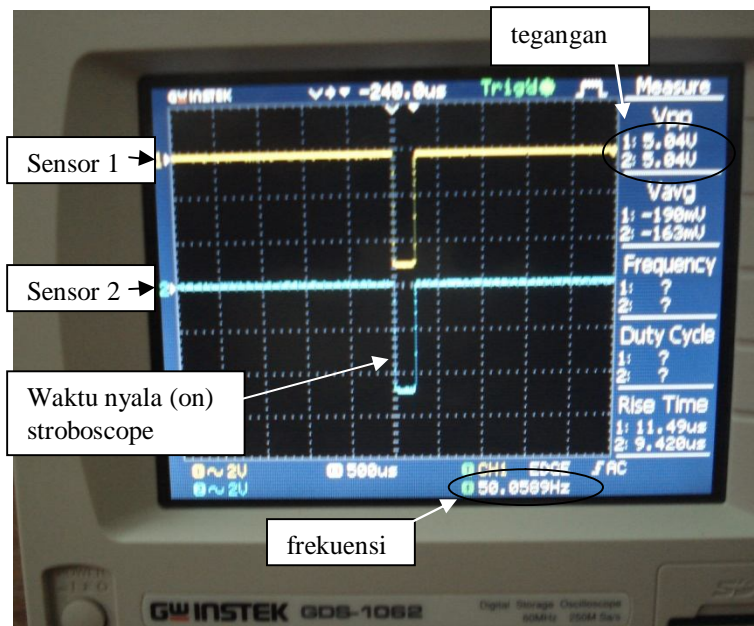
## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 1. Kalibrasi dan Analisa Rangkaian

Untuk melihat keakuratan peralatan ini, maka perlu dilakukan kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan alat standar *stroboscope* (xenon) merk IEC model XD, flash rate 2,5 – 300 /sec, made in Australia . *Stroboscope* semacam lampu yang hidup-matinya dapat dikontrol dengan frekuensi tertentu. Berdasarkan gambar 3, nyala dan mati lampu stroboscope (yaitu sebagai sinyal optik pengganti laser He-Ne dan pencacah kipas angin) ini ditangkap oleh sensor EL 7900 dan menghasilkan arus. Arus keluaran sensor dikonversi ke tegangan dan dikuatkan oleh IC LM 358. Karena keluaran arus dari sensor negatif dan dengan memasang

$V_{ref}$  0 V, maka tegangan keluaran  $V_{out}$  bernilai negatif. Karena menggunakan transistor tipe NPN, maka tegangan ini harus dibalik polaritasnya yaitu dengan rangkaian pembalik (inverting amplifier circuit) IC LM 358 tetapi tidak dilakukan penguatan. Tegangan keluaran IC ini sebagai pemicu saklar pada transistor C 945 dan menghasilkan tegangan keluaran 5 V pada saat stroboscope hidup serta 0 V pada saat stroboscope mati. Pendeteksian tegangan dilakukan oleh digital storage oscilloscope merk Gwinstek tipe GDS-1062 dan terdeteksi sebagai gelombang kotak seperti pada gambar 4.

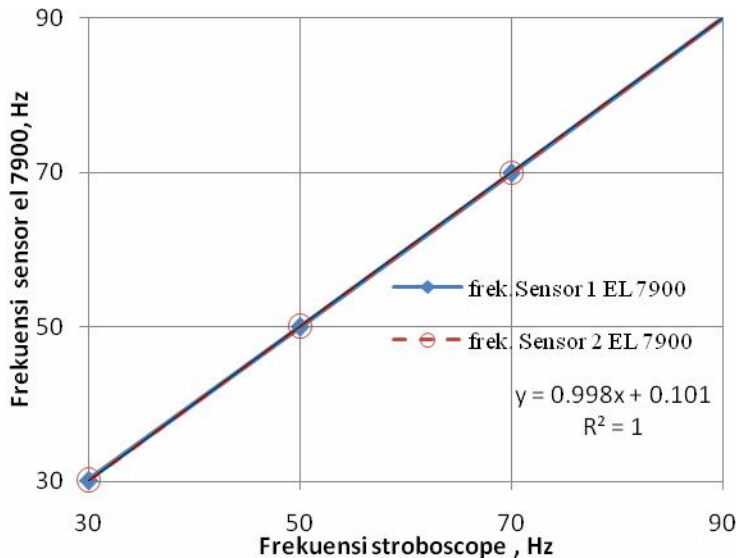
Gambar 4 menunjukkan gelombang kotak yang dihasilkan dari sensor 1 dan sensor 2 dari sumber cahaya stroboscope dengan frekuensi 50 Hz. Berdasarkan hasil pengamatan di osiloskope diperoleh waktu nyala (on) stroboscope selama 240  $\mu$ s, frekuensi sebesar 50,0509 Hz dan tegangan 5,04V.



Gambar 4. Tampilan di osiloskop dari stroboscope frekuensi 50 Hz  
(catatan : chanel dalam keadaan inverted yaitu kebawah on)

Jadi ada kesalahan frekuensi sebesar 0,11% dan kesalahan tegangan sebesar 0,8 % dari standarnya. Kesalahan-kesalahan ini disebabkan karena fluktuasi tegangan dari PLN yaitu sebesar  $\pm 1$  %. Selanjutnya data frekuensi seluruhnya digrafikkan seperti pada gambar 5.

Gambar 5, adalah grafik yang menunjukkan bahwa frekuensi yang dihasilkan oleh *stroboscope* sama dengan frekuensi yang ditangkap oleh sensor 1 maupun sensor 2 yaitu dengan koefisien korelasi 1. Namun berdasarkan data yang diperoleh ternyata ada selisih frekuensi antara frekuensi stroboscope dan frekuensi yang ditangkap oleh sensor yaitu rata-rata sebesar 0,3 % (atau dengan



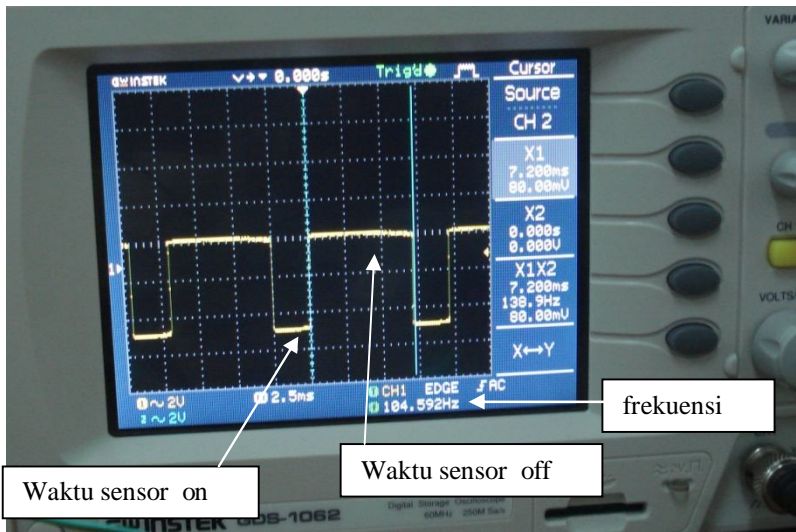
Gambar 5. Grafik frekuensi yang ditangkap oleh sensor EL 79000 fungsi frekuensi stroboscope fungsi

*gradient slope* 0.998), sehingga tidak terlihat dalam grafik. Karena kesalahan yang sangat kecil  $< 1\%$ , maka alat ini dapat digunakan untuk penelitian yang berhubungan dengan frekuensi yaitu salah satunya dimanfaatkan untuk menghitung banyaknya putaran per menit (RPM).

## 2. Putaran per menit (RPM).

Untuk mengaplikasikan alat ini, maka digunakan untuk menghitung RPM (revolution per minute) dari suatu kipas angin merk central DC Brushless fan model 9025MS12, DC 12V, 0.15A dengan spesifikasi : terdiri dari 7 baling-baling, jari-jari baling-baling 4 cm, tegangan maksimum 12 volt dc. Sedangkan sumber cahaya yang digunakan adalah Laser He-Ne merk Leybold (made W. Germany) daya 1 mW dengan panjang gelombang 632.8 nm. Laser diarahkan ke baling-baling kipas angin pada jarak 28 mm dari pusat putaran dan pada saat laser berada diantara baling-baling, maka sinar laser diteruskan dan mengenai sensor EL 7900 yang selanjutnya menghasilkan sinyal ( 5 volt). Demikian sebaliknya bila laser mengenai baling-baling, maka sensor tidak menerima cahaya dan sinyal ( 0 volt). Untuk melihat berbagai RPM, maka tegangan dari kipas angin divariasi mulai dari 4 volt sampai 12 volt melalui L.V Power Supply AC/DC : 2-12 V, I: 5 A Merk IEC Australia, dan salah satu hasilnya seperti pada gambar 6.

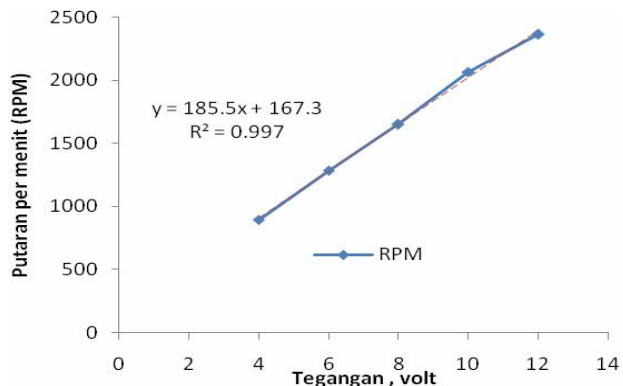
Gambar 6, menunjukkan gelombang kotak yang ditampilkan oleh osiloskop yang terdiri dari bukit dan lembah. Lembah(on) gelombang dengan amplitudo (tegangan) 5 volt selama 2,4 ms yang dihasilkan karena laser berada diantara baling-baling dan mengenai sensor. Sedangkan mati(off) gelombang dengan amplitude 0 volt selama 7,2 ms dihasilkan karena laser terhalang oleh



Gambar 6. Tampilan di osiloskop untuk kipas angin pada tegangan 4 volt (catatan : chanel dalam keadaan inverted yaitu kebawah menyatakan on)

baling-baling. Selanjutnya periode gelombang dengan menambahkan waktu *on* dan *off* yaitu 9,6 ms. Periode ini korelasi dengan frekuensi sebesar 104,104 Hz. Sedangkan frekuensi yang ditampilkan oleh osiloskop sebesar 104,592 Hz, sehingga terjadi selisih sebesar  $((104,104-104,592)/104,592) \times 100\% = -0,46\%$ . Selisih frekuensi antara hitungan melalui periode gelombang dengan frekuensi yang ditampilkan oleh osiloscope ini disebabkan karena frekuensi yang ditampilkan di osiloskope merupakan rata-rata sepuluh data sedangkan periode gelombang dihitung pada saat satu gelombang saja. Selanjutnya nilai RPM berdasarkan persamaan 3 diperoleh  $(104,592/7)\text{Hz} \times 60 = 896.5$  put/menit.

Frekuensi dibagi 7 karena kipas angin terdapat 7 baling-baling. Hubungan antara RPM dengan berbagai nilai tegangan diplot seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan antara putaran per menit (RPM) terhadap tegangan kipas angin

Gambar 7, menunjukkan hubungan antara banyaknya putaran tiap menit(RPM) terhadap tegangan yang diberikan ke kipas angin. Berdasarkan grafik, menunjukkan bahwa 99,7 % terjadi hubungan secara linier antara RPM dan tegangan kipas angin. Secara teori fisika listrik –magnet, dapat diterangkan bahwa semakin besar tegangan semakin besar arus yang ditimbulkan pada kumparan, yang konsekuensinya medan magnetnya membesar pula, sehingga kecepatan putarnya juga membesar. Selain itu, berdasarkan gambar 7, dapat juga dikatakan bahwa alat ini dapat mendeteksi putaran per menit (RPM) hingga diatas 2000 put/mnt tetap akurat.

### **Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa alat pendeteksi frekuensi sinyal optik yang telah dibuat mempunyai kesalahan  $< 0.5\%$  terhadap standarnya serta mempunyai keakurasian dalam aplikasi menentukan RPM sekitar 99,7 %. Disarankan menggunakan transistor jenis Mosfet switching agar kesalahan frekuensi berkurang dan sangat sensitif meskipun RPM diatas 10000 put/mnt.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. 10 Jan 2011. *Transistor sebagai saklar*. [www/http://belajar-elektronika.com](http://belajar-elektronika.com) diakses 15 juni 2011.
- B.L. Theraja and A.K. Theraja(1995). *Electronic devices and Circuits* ( A Text-Book of Electrical Technology) vol.4. Published, Nirja Construction & Development Co.(P) LTD, RAM NAGAR, New-Delhi, P. 1493-1520.
- Mike Wong and Tamara Papalias. *Rail to rail amplifier extends resolution and range of light sensor (EL 7900)*. [www/http://analogzone.com/avt\\_0828.pdf](http://analogzone.com/avt_0828.pdf). diakses 10 Mei 2011
- National Semiconductor Corporation (2002), Use the LM 158/LM258/LM358 dual single supply Op Amp, <http://www.national.com>, AN116. (Diakses pada tanggal 10-5-2011)
- William T. Thomson, terjemah oleh Lea Prasetyo(1981). *Teori Getaran dengan Penerapan*. Ed.2, penerbit Erlangga. Hal 3-5.



**PENINGKATAN KETRAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI  
(*HIGHER-ORDER THINKING SKILLS*) DALAM PENGUASAAN  
MATERI MATA KULIAH *WIRELESS COMMUNICATION* DENGAN  
SISTEM PENGAJARAN PENDEKATAN *STUDENT CENTERED***

**Andrew Joewono, Lanny Agustine  
Jurusan Teknik Elektro  
UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** *Mata kuliah Wireless communication adalah mata kuliah yang diberikan bagi mahasiswa semester 7., yang termasuk kelompok mata kuliah keahlian berkarya ( MKB ) dengan beban studi 4 SKS. Pada mata kuliah ini, mahasiswa mempelajari Prinsip-prinsip dasar dari sistem komunikasi bergerak (mobile), Sistem komunikasi tanpa kabel (Wireless), dan Sistem Komunikasi selular.*

*Ada beberapa permasalahan yang dihadapi pada kuliah ini, antara lain : Dalam perkuliahan, mahasiswa biasanya kurang mempersiapkan diri dengan baik (membaca / mempelajari bahan / materi perkuliah) ; Dalam menyelesaikan tugas (soal latihan), mahasiswa kurang mandiri (menunggu hasil pekerjaan temannya), perlu banyak melakukan diskusi dengan rekan-rekannya ; Dalam tanya jawab yang dilakukan di kelas, biasanya hanya mahasiswa tertentu saja yang aktif.*

*Permasalahan-permasalahan tersebut kemungkinan disebabkan oleh metode pengajaran yang masih menggunakan metode ceramah (konvensional). Selain itu mahasiswa masih belum dapat mengembangkan pola berpikirnya, untuk dapat berpikir menjadi lebih tinggi.*

*Untuk mengatasi beberapa kelemahan tersebut di atas, perlu dilakukan perubahan metode pembelajaran, sehingga mahasiswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Metode diterapkan adalah metode Collaborative Learning.*

*Pembelajaran Collaborative Learning juga efektif untuk meningkatkan kemampuan bekerja sama, komunikasi dan tanggung jawab mahasiswa. Hal ini dikarenakan terjadinya proses kegiatan yang ada didalam kelompok-kelompok kerja yang kecil, sehingga mendorong setiap anggota berpartisipasi aktif dalam penyelesaiannya. Presentase meningkatnya taraf berpikir (menuju High Order Thinking) dari mahasiswa, dengan meningkatnya presentase mahasiswa dalam memperoleh nilai A, terjadi kenaikan presentase distribusi nilai A dari 11 % (sebelum pelaksanaan), menjadi 84,6% sesudah pelaksanaan, sesuai dengan rancangan penilaian. Kepuasan mahasiswa terhadap metode Collaborative Learning, berdasarkan skala Likert (1-10), dengan skor 7,99% (artinya mahasiswa dapat menikmati pembelajaran dikelas dengan menggunakan metode tersebut.*

**Kata Kunci :** *Collaborative Learning, Student Centered Learning*

## Pendahuluan

Mata kuliah *Wireless communication* adalah mata kuliah yang diberikan bagi mahasiswa semester 7. Mata kuliah ini termasuk dalam kelompok mata kuliah keahlian berkarya ( MKB ) dengan beban studi 4 SKS, yaitu 2 kali tatap muka dalam seminggu, pertemuan pertama 100 menit dan pertemuan kedua 100 menit. Pada mata kuliah ini, mahasiswa mempelajari Prinsip-prinsip dasar dari sistem komunikasi bergerak (*mobile*), Sistem komunikasi tanpa kabel (*Wireless*), dan Sistem Komunikasi selular. Mahasiswa yang memprogram mata kuliah ini, diharapkan sudah memiliki pengetahuan mengenai Sistem Telekomunikasi, Medan Elektromagnetik dan Sistem Linier. Penguasaan materi mengenai *Wireless communication* dibutuhkan oleh mahasiswa untuk menunjang sistem komunikasi data baik sistem *wire* maupun *wireless* didalam pembuatan disain rangkaian untuk tugas perkuliahan lainnya atau tugas akhir. Selain itu kompetensi yang diharapkan dikuasai mahasiswa setelah mengambil mata kuliah ini antara lain, meliputi :

- Mempunyai kemampuan mengaplikasikan keteknikan dasar
- Mempunyai kemampuan beradaptasi dengan perkembangan pekerjaanya
- Mempunyai kemampuan bekerja sama dan bertanggung jawab secara etis dan profesional
- Mempunyai kemampuan membuat laporan tertulis dan mempresentasikan
- Mempunyai kemampuan merancang sistem, komponen, atau proses untuk memenuhi berbagai kebutuhan
- Mempunyai kemampuan menganalisa data dan membuat pemecahan masalah
- Mempunyai kemampuan menggunakan komputer dan program aplikasinya termasuk internet
- Mempunyai kemampuan mempelajari teknologi baru atau peralatan modern yang dibutuhkan dalam praktek keteknikan.

Perkuliahan selama ini menggunakan sistem ceramah (satu arah), dosen sebagai sumber informasi, dengan beberapa tugas mandiri (yang dikerjakan oleh mahasiswa secara pribadi) dalam bentuk makalah yang dipresentasikan didalam kelas.

Dari hasil evaluasi yang dilakukan oleh peneliti, ada beberapa permasalahan yang dihadapi pada kuliah ini, antara lain :

- Dalam perkuliahan, mahasiswa biasanya kurang mempersiapkan diri dengan baik (membaca / mempelajari bahan / materi perkuliahan).
- Dalam menyelesaikan tugas (soal latihan), mahasiswa kurang mandiri (menunggu hasil pekerjaan temannya), perlu banyak melakukan diskusi dengan rekan-rekannya.
- Dalam tanya jawab yang dilakukan di kelas, biasanya hanya mahasiswa tertentu saja yang aktif.

Sedangkan dari hasil evaluasi ujian, secara umum, mahasiswa tidak mengalami kesukaran, untuk menyelesaikan soal-soal yang sudah pernah diberikan dalam latihan, tetapi apabila soal tersebut dimodifikasi, ( misalnya bentuk rangkaian dan nilai-nilai komponennya diganti), maka mahasiswa tidak dapat menyelesaikan dengan baik. Selain itu mahasiswa juga mengalami

kesukaran dalam menjawab soal-soal yang memerlukan analisis yang lebih dalam.

Hasil-hasil penilaian yang sudah pernah dilaksanakan pada 2 tahun terakhir, pada semester gasal tahun 2008-2009, nilai A sebanyak 2 orang, nilai B+ sebanyak 10 orang, dari 12 orang peserta mata kuliah, pada semester gasal tahun 2009-2010, nilai A sebanyak 1 orang, nilai B+ sebanyak 7 orang, dan nilai B sebanyak 1 orang, dari 9 orang peserta mata kuliah.

Permasalahan-permasalahan tersebut kemungkinan disebabkan oleh metode pengajaran yang masih menggunakan metode ceramah (konvensional). Selain itu mahasiswa masih belum dapat mengembangkan pola berpikirnya, untuk dapat berpikir menjadi lebih tinggi.

Dosen merupakan sumber informasi satu-satunya. Hal ini menyebabkan hambatan dalam pengembangan ketrampilan pola berpikir, sehingga tingkat berpikir mahasiswa masih dalam tingkat yang rendah, yaitu baru mencapai ketrampilan berpikir tingkat rendah pada Taksonomi Bloom (mengetahui-memahami-mengaplikasikan). Pada taraf ini mahasiswa baru dapat mencapai taraf berpikir secara faktual, sehingga pemahaman terhadap materi perkuliahan tidak mendalam. Seharusnya pada mata kuliah ini tingkat berpikir yang diinginkan lebih tinggi, karena pada akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa sudah dapat melakukan Analisa, Mengevaluasi dan Membuat, sistem komunikasi dengan berbagai macam teori yang sudah diberikan.

Untuk mengatasi beberapa kelemahan tersebut di atas, perlu dilakukan perubahan metode pembelajaran, sehingga mahasiswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Metode yang akan diterapkan dalam mata kuliah *Wireless communication* ini, adalah metode *Collaborative Learning*. Agar didalam penerapan proses pembelajaran dapat benar-benar efektif dan mencapai tujuan yang diinginkan, dalam penelitian ini akan dipelajari beberapa hal yang berkaitan dengan penerapan *Collaborative Learning* pada mata kuliah *Wireless communication*, untuk meningkatkan cara berpikir dalam penguasaan materi *Wireless communication*.

## Kajian Pustaka dan Pembahasan

### 1. Proses Pembelajaran

#### *Teacher centered dan Student centered*)

Saat ini, sistem pengajaran yang banyak digunakan di Perguruan Tinggi di Indonesia adalah sistem pengajaran konvensional dengan pendekatan *teacher centered*. Pada sistem pengajaran ini hampir seluruh proses pembelajaran diarahkan oleh pengajar yang bertindak sebagai pemberi informasi, sedangkan mahasiswa sebagai penerima informasi<sup>(1)</sup>. Karena tujuannya adalah menyampaikan informasi, dalam hal ini, adalah materi dari perkuliahan, maka pada sistem ini, proses bagaimana mahasiswa mengolah informasi tersebut, kurang mendapatkan perhatian. Dalam proses pembelajaran, mahasiswa lebih banyak bertindak sebagai peserta didik yang pasif, sehingga pengembangan ketrampilan berpikir kurang optimal<sup>(4)</sup>. Bangunan pengetahuan yang diperoleh

mahasiswa dari proses pembelajaran, merupakan rancangan dari pengajar. Akibatnya ilmu yang diperoleh biasanya bersifat tidak mendalam.

Dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, dan derasnyanya arus informasi mengenai fakta-fakta ilmiah baru, perlu dilakukan perubahan terhadap sistem pengajaran konvensional, karena tidak lagi memungkinkan untuk memasukkan seluruh informasi tersebut pada suatu kurikulum<sup>(3)</sup>. Mahasiswa tidak bisa, hanya bertindak sebagai penerima informasi yang pasif, tetapi mereka harus bisa mengolah informasi-informasi yang baru, secara terus menerus, dan kemudian menggunakannya untuk meningkatkan kemampuan dan pemahamannya. Agar mahasiswa memiliki kemampuan ini, maka mahasiswa harus terlibat secara aktif dalam sistem pembelajaran. Keterlibatan secara aktif ini, juga akan menciptakan sistem pembelajaran yang lebih efektif<sup>(4)</sup>. Berdasarkan hal-hal ini, maka perlu dilakukan perubahan sistem pengajaran menjadi *student centered*, dimana pada sistem ini pembelajaran berpusat pada siswa bukan pada pengajar.

Pada pendekatan *student centered*, siswa menjadi fokus dari proses pembelajaran, sedangkan pengajar bertindak sebagai motivator dan fasilitator<sup>(4)</sup>. Pendekatan ini berdasarkan dari tujuan belajar, adalah membekali siswa dengan kemampuan untuk mengolah informasi, sehingga mereka menjadi kreatif, memiliki inisiatif dan keingintahuan yang besar. Pada proses pembelajaran, mahasiswa secara aktif, merancang sendiri cara untuk membangun pengetahuannya. Kondisi ini merangsang mahasiswa, untuk mengembangkan ketrampilan berpikir. Pengetahuan yang dibangun dengan cara ini, juga akan lebih mendalam dan berarti, tidak seperti halnya bila mahasiswa secara pasif hanya menerima dari pengajar.

## 1.2. Collaborative Learning

Agar mahasiswa dapat berperan aktif dalam proses pembelajaran, maka pengajar harus menciptakan lingkungan yang kondusif. Pada proses belajar mengajar mahasiswa secara aktif terlibat dalam pengorganisasian, dan penemuan keterkaitan informasi yang dihadapi untuk membangun pengetahuannya. Keterlibatan secara aktif ini, dapat dilakukan melalui metode *Collaborative Learning*, yang merupakan suatu metode pembelajaran yang melibatkan sekelompok siswa, dalam pengerjaan suatu tugas untuk mencapai tujuan tertentu<sup>(6)</sup>. Dasar pengembangan dari metode ini, adalah pembelajaran merupakan suatu kegiatan sosial yang dapat dibentuk melalui diskusi atau pembicaraan diantara peserta didik<sup>(5)</sup>.

Metode *Collaborative Learning*, memberikan kesempatan pada siswa untuk memikirkan dan mengemukakan pendapatnya, serta membandingkan dengan pemikiran rekan lainnya. Dari berbagai pendapat yang berbeda ini, siswa mendapatkan tantangan untuk menciptakan pemikiran konseptualnya sendiri. Dengan demikian, siswa akan terlatih untuk menggunakan ketrampilan berpikir tingkat tinggi. Selain itu, dengan terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran, diharapkan siswa menemukan hal-hal menarik, yang berkaitan secara langsung dengan kondisi riil, sehingga mereka lebih menikmati proses pembelajaran. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan motivasi belajar<sup>(6)</sup>. Dengan metode

*Collaborative Learning*, ketrampilan sosial siswa, juga akan dilatih, karena dalam proses pembelajaran, siswa secara intens berkontak dengan siswa-siswa lain, yang memiliki latar belakang yang berbeda-beda. Melalui kontak ini, ketrampilan berkomunikasi dan bekerjasama dalam tim akan berkembang.

Metode *Collaborative Learning*, bukan sekedar sinonim, dari semua tugas yang dikerjakan secara berkelompok. Suatu proses pembelajaran dapat dikualifikasikan, sebagai *Collaborative Learning*, bila memenuhi 5 elemen utama *Collaborative Learning*, yang meliputi hal-hal sebagai berikut<sup>(6)</sup> :

- a. Interdependensi positif  
Anggota kelompok memiliki kewajiban untuk bergantung satu sama lain, guna mencapai tujuan yang ditetapkan. Bila salah satu anggota gagal, maka semua anggota akan menanggung konsekuensinya.
- b. Akuntabilitas individu  
Setiap anggota kelompok, memiliki tanggung jawab untuk mengerjakan tugasnya masing-masing, dan menyiapkan diri sebaik-baiknya dalam penguasaan bahan yang akan dipelajari
- c. Mendorong interaksi tatap muka yang intensif  
Pada pengerjaan tugas dengan metode *Collaborative Learning*, harus dilakukan secara interaktif, dimana setiap anggota akan memberikan umpan balik bagi yang lain, memberikan tantangan bagi sesamanya, untuk mencapai suatu kesimpulan atau dasar-dasar pemikiran. Dalam proses ini, yang paling penting adalah adanya proses saling memberikan pemahaman atau pengajaran, dan timbulnya dukungan terhadap sesama anggota.
- d. Penggunaan ketrampilan kolaboratif  
Dalam pengerjaan tugas secara kelompok, siswa harus didorong dan dibantu untuk memahami dan menerapkan berbagai ketrampilan kolaboratif, antara lain : membangun kepercayaan, kepemimpinan, pengambilan keputusan, komunikasi dan manajemen konflik.
- e. *Group processing* ( Dinamika kelompok )  
Proses yang terjadi dalam kelompok, harus melalui tahapan-tahapan yang memungkinkan kelompok untuk berkembang. Dalam mengerjakan suatu tugas, anggota tim harus menetapkan tujuan, dan secara periodik mengevaluasi, apa yang sudah dilakukan dengan baik oleh timnya, dan mengidentifikasi perubahan-perubahan yang harus dilakukan agar proses dapat berjalan lebih baik diwaktu yang akan datang.

Penerapan *Collaborative Learning* dengan kelima elemen utama tersebut akan menimbulkan perubahan peran bagi siswa maupun pengajar. Hal ini yang sering menimbulkan hambatan dalam penerapan. Bagi siswa perubahan peran yang akan dialami antara lain :

- Dari pendengar dan pengamat yang pasif, menjadi kontributor dan peserta diskusi yang aktif
- Dari harapan mengikuti perkuliahan dengan persiapan yang rendah, menjadi perlunya mempersiapkan diri dengan matang
- Dari kehadiran yang diputuskan secara individual, menjadi kehadiran yang diharuskan sebagai anggota suatu kelompok

- Dari kompetisi dengan sesama siswa, menjadi bekerja sama dengan sesama siswa
- Dari pembelajaran yang diarahkan oleh dosen, yang dianggap sebagai satu-satunya sumber pengetahuan, menjadi pembelajaran yang dibentuk sendiri, dengan berbagai sumber pengetahuan

Perubahan juga perlu diantisipasi oleh pengajar yang ingin menerapkan *collaborative learning*. Perubahan ini antara lain berkaitan dengan cakupan materi yang akan diberikan, peran dalam kelas dan evaluasi yang akan diterapkan.

Walaupun banyak hambatan yang perlu dihadapi untuk terjadinya perubahan-perubahan di atas, kebanyakan hasil penelitian menyatakan, bahwa *Collaborative Learning* merupakan metode efektif dalam pembelajaran. Akan tetapi ada juga hasil yang menyatakan sebaliknya. Hal ini antara lain disebabkan oleh cara penerapan yang kurang tepat. Agar penerapan *Collaborative Learning* dapat berjalan dengan efektif, ada beberapa hal yang harus diperhatikan oleh pengajar, antara lain :

**a. Pembentukan kelompok**

Ada beberapa strategi yang dapat digunakan dalam pembentukan kelompok untuk *Collaborative Learning*. Kelompok yang dibentuk dapat informal, misalnya siswa yang duduk bersebelahan menjadi satu tim atau siswa secara acak diberikan nomer yang menjadi dasar bagi pengelompokannya. Kelompok informal ini dapat berubah setiap waktu, sehingga siswa berkesempatan untuk berinteraksi dengan lebih banyak orang<sup>(9)</sup>. Kelompok ini dapat berfungsi sebagai media bagi siswa untuk bertukar pendapat dan memberikan masukan bagi pengajar, mengenai pemahaman siswa terhadap bahan yang disampaikan. Sedangkan kelompok formal dibentuk oleh pengajar dan biasanya bekerja untuk menyelesaikan tugas-tugas yang lebih spesifik, misalnya melakukan eksperimen di laboratorium, mengerjakan suatu proyek atau membuat suatu laporan<sup>(1)</sup>. Tugas ini dapat dikerjakan dalam satu kali pertemuan atau dalam waktu yang cukup lama.

Dalam pembentukan kelompok, perlu diperhatikan jumlah anggota kelompok. Secara umum, jumlah anggota yang ideal adalah 4 atau 5 siswa. Jumlah anggota yang terlalu banyak, mengurangi kesempatan siswa untuk berpartisipasi secara aktif, sedangkan jumlah yang terlalu sedikit menyebabkan kurangnya kemampuan kelompok dalam mengerjakan tugas yang kompleks. Anggota ini juga sebaiknya heterogen dengan demikian siswa dapat memperoleh berbagai masukan.

**b. Perancangan tugas**

Efek dari proses kolaborasi sangat tergantung dari tugas yang diberikan. Pengajar harus merancang tugas yang mendorong terjadinya interaksi anggota tim. Tugas-tugas ini biasanya berkaitan dengan penyelesaian masalah yang memerlukan suatu analisis dimana terdapat kesempatan timbulnya silang pendapat. Tugas juga harus dirancang, agar dalam penyelesaiannya, setiap anggota mendapatkan tanggung jawab yang seimbang. Dalam hal ini, pengajar dapat meminta masing-masing anggota, untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu, yang merupakan bagian dari tugas kelompok. Hasil dari setiap

anggota ini, kemudian didiskusikan untuk menyelesaikan tugas kelompok. Dengan menerapkan hal ini juga akan mendorong timbulnya interdependensi positif.

### 1.3. Metode Penilaian

Penilaian hasil belajar atau assesmen adalah proses sistematis yang meliputi, pengumpulan informasi (baik kuantitatif maupun kualitatif), analisa dan interpretasi untuk mengambil keputusan. Oleh sebab itu penilaian sangat diperlukan untuk mengukur ketercapaian kompetensi dan untuk menentukan kelulusan mahasiswa. Penilaian pembelajaran pada dasarnya mencakup aspek kognitif, afektif atau motorik, atau ketiga-tiganya. Aktivitas dalam penilaian meliputi : penetapan teknik penilaian, penetapan indikator, pelaksanaan pengukuran dan pengambilan keputusan.

Jonson, dan Roger T., (1999), mengemukakan ada beberapa teknik penilaian yang dapat diterapkan pada metode *Collaborative Learning*, yaitu penilaian terhadap kinerja mahasiswa, penilaian terhadap tugas mahasiswa, penilaian terhadap produk yang dibuat mahasiswa, penilaian paper yang dibuat mahasiswa, penilaian portofolio, penilaian terhadap hasil evaluasi diri, penilaian terhadap ters tertulis, dan penilaian terhadap sikap mahasiswa. Perbandingan antar teknik penilaian tersebut, seperti tabel 1.

### 2. Metode Pengembangan dan Strategi Pembelajaran

Sistem pembelajaran pada mata kuliah *Wireless communication*, hingga saat ini masih menggunakan pendekatan *teacher centered*. Untuk mengubah menjadi sistem pembelajaran dengan pendekatan *student centered* dengan metode *Collaborative Learning* dirasa perlu dilakukan suatu penelitian, karena dalam transisi ini terjadi perubahan peran yang cukup besar, baik bagi mahasiswa maupun bagi pengajar. Metode penelitian yang digunakan adalah *action research*. Metode ini dipilih, karena peneliti yang bertindak sebagai pengajar akan terlibat secara langsung dalam proses, sehingga dapat lebih memahami berbagai perubahan yang terjadi.

**Tabel 1. Jenis-jenis Teknik Penilaian**

No	Teknik Penilaian	Pengertian
1	Unjuk Kerja	Menilai mahasiswa ketika melakukan suatu kegiatan (misalnya, presentasi tugas, kegiatan praktek)
2	Sikap	Menilai mahasiswa atas sikapnya terhadap materi pembelajaran, dosen pengajar, proses pembelajaran (pengkondisian suasana, metode penyajian, metode evaluasi)
3	Tes Tertulis	Menilai jawaban yang diberikan mahasiswa atas soal tes yang disediakan dosen
4	Proyek	Menilai mahasiswa atas pelaksanaan suatu tugas yang harus diselesaikan dalam waktu tertentu, meliputi : kemampuan pengelolaan proyek,

		relevansi, keaslian hasil
5	Produk	Menilai mahasiswa atas pelaksanaan pembuatan / pengembangan suatu produk, meliputi : persiapan, pembuatan, dan appraisal produk
6	Portofolio	Menilai karya-karya (laporan tugas) mahasiswa secara individu selama periode menempuh mata kuliah tertentu
7	Penilaian diri	Menilai hasil penilaian mahasiswa atas dirinya sendiri terkait tingkat pencapaian kompetensi pembelajaran

Penerapan *Collaborative Learning* pada mata kuliah *Wireless communication*, ini akan dilakukan secara parsial, yaitu satu kali tatap muka setiap minggu, dari dua kali tatap muka yang dijadwalkan. Hal ini dipilih agar transisi yang di alami oleh mahasiswa tidak terlalu besar, dengan demikian diharapkan proses pembelajaran tidak terhambat. Implementasi dari *Collaborative Learning* ini, dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

- Penjelasan mengenai *team building*,
- Tugas dengan kelompok informal (kelompok yang dibentuk pada saat proses pembelajaran didalam kelas)
- Tugas dengan kelompok formal (kelompok yang dibentuk tetap, untuk mengerjakan tugas diluar jam pembelajaran / yang lebih besar). (Alokasi waktu untuk implementasi tersebut dapat dilihat pada lampiran “Rancangan Pembelajaran”)

Agar kelompok yang dibentuk dapat berfungsi dengan efektif, perlu dilakukan persiapan bagi mahasiswa. Persiapan dilakukan dengan cara menjelaskan dan mendiskusikan tentang kelompok yang efektif, serta keuntungan dan kerugian dari bekerja berkelompok. Dengan penjelasan dan diskusi ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami kegunaan metode pembelajaran yang baru, sehingga hambatan dalam perubahan yang harus dilakukan, dapat dikurangi.

Selanjutnya pada tahap awal, diberikan tugas kelompok yang tidak terlalu kompleks, yang dapat diselesaikan di dalam kelas. Tugas berupa pertanyaan-pertanyaan terbuka yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi perkuliahan yang disampaikan, dari materi yang sudah diberikan pada perkuliahan sebelumnya. Pada tahap ini kelompok yang digunakan adalah kelompok informal yang terdiri dari 3-4 orang mahasiswa. Kelompok informal, digunakan agar mahasiswa lebih banyak berinteraksi dengan orang yang berlatar belakang berbeda-beda. Selain itu, bagi pengajar, proses menyelesaikan tugas dengan kelompok informal, digunakan untuk memantau kemampuan masing-masing mahasiswa secara individu, dan kemampuannya dalam bekerja kelompok. Hasil pemantau ini akan digunakan untuk memperbaiki proses pembelajaran secara langsung, dan untuk persiapan dalam pembentukan kelompok formal.

Untuk mempersiapkan mahasiswa dalam diskusi kelompok, sebelumnya diadakan kuis singkat. Dengan diadakannya kuis ini, diharapkan setidaknya mahasiswa sudah membaca / mempelajari materi yang akan didiskusikan.



Agar mahasiswa terlibat secara aktif dalam diskusi dan mendorong terjadinya interdependensi positif, dalam kelompok informal ini, mahasiswa akan diberikan peran yang berbeda-beda. Peran tersebut adalah sebagai :

- Ketua : bertugas untuk mengatur jalannya diskusi
- Notulen : bertugas menulis masukkan dari masing-masing anggota dan menyerahkan hasil kerja dari kelompok (apabila jumlah peserta mata kuliah sedikit, maka notulen dan reporter di jadikan satu)
- Reporter : bertugas menanyakan pertanyaan yang diajukan oleh kelompok kepada pengajar dan menyampaikan hasil kerja secara lisan
- Reflektor : bertugas mengevaluasi kinerja dari kelompok

Dengan kelompok dan peran yang berbeda-beda, kemampuan kolaboratif mahasiswa dapat terlatih. Melalui diskusi ini, mahasiswa secara tidak langsung, belajar untuk menganalisa dan merekonstruksi ulang, pengetahuan yang sudah diperoleh melalui perkuliahan. Dengan demikian, ketrampilan berpikir mahasiswa, akan meningkatkan pemahaman terhadap materi perkuliahan.

Setelah mahasiswa mulai terbiasa untuk bekerja dalam kelompok, akan diberikan tugas yang lebih kompleks, yang penyelesaiannya memerlukan waktu di luar jam perkuliahan. Untuk mengerjakan tugas ini, akan dibentuk kelompok formal, yang juga terdiri dari 4 orang. Pada kelompok ini, peran dari masing-masing anggota, ditentukan oleh kelompok itu sendiri. Pembagian peran tidak harus sama, seperti pada kelompok informal. Dengan kelompok formal ini, mahasiswa dapat lebih banyak belajar dinamika kelompok, karena mereka mendapat kesempatan untuk bekerja dengan kelompok yang tetap dalam beberapa kali pertemuan. Dengan demikian, mereka dapat melakukan refleksi terhadap kinerja kelompok.

Agar dapat memonitor kemajuan yang dicapai, pada awal mengerjakan tugas, setiap kelompok diminta untuk menyusun jadwal kerja, yang juga berisi kewajiban dari masing-masing anggota. Pengajar akan memonitor hasil kerja (dari laporan tulis yang harus dibuat per kelompok untuk dilaporkan, berdasarkan jadwal yang dibuat dalam pertemuan di kelas.

Selain itu pada pertemuan di kelas, setiap kelompok dapat berdiskusi dengan pengajar atau dengan kelompok yang lain mengenai kesulitan-kesulitan yang dihadapi.

Penilaian dari tugas-tugas yang diberikan, secara umum dibagi menjadi dua yaitu:

- Penilaian terhadap hasil kerja kelompok
- Penilaian terhadap hasil kerja individu

Penilaian hasil kerja kelompok, berdasarkan hasil presentasi perkelompok atau dari penyelesaian secara tertulis. Sedangkan untuk penilaian individu dilakukan dengan mempertimbangkan : (mahasiswa yang terlibat diberikan point penilaian oleh pengajar)

- a. Observasi langsung pada waktu diskusi
- b. Masukan pada waktu diskusi berdasarkan notulen selama diskusi
- c. Tanya jawab lisan dengan masing-masing anggota

## 2.1. Rancangan Pembelajaran

Perencanaan proses pembelajaran, meliputi : Silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran yang memuat sekurang-kurangnya tujuan pembelajaran, materi ajar, metode pembelajaran, sumber belajar, dan penilaian hasil belajar (Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 19 tahun 2005, pasal 20, tentang Standar Nasional Pendidikan). Pada bagian lain dari peraturan tersebut, ditekankan, supaya dalam melakukan pengembangan metode pembelajaran, pendidik harus selalu memikirkan kegiatan yang bisa dilakukan, agar pembelajaran berpusat pada mahasiswa dan mahasiswa memiliki kompetensi yang telah ditetapkan.

Pada Tabel 2, diuraikan secara garis besar Rancangan Pembelajaran dan Metode Penilaian Mata kuliah *Wireless communication* berbasis pada Metode SCL – *Collaborative Learning*. Skenario pembelajaran dilakukan sesuai dengan perencanaan tersebut, dengan melakukan aktivitas ceramah sebagai langkah untuk memotivasi dari peserta mata kuliah untuk selalu mengembangkan ide-ide diskusi materi perkuliahan tersebut, disamping itu metode ceramah, digunakan juga untuk memberikan penekanan-penekanan materi-materi yang dibahas.

## 3. Evaluasi Penerapan Metode *Collaborative Learning* pada Pembelajaran

Pelaksanaan pembelajaran mata kuliah *Wireless communication* dengan metode *Collaborative Learning*, telah diupayakan mengikuti Rencana Pembelajaran yang telah disusun sebelumnya. Sebagian besar kegiatan yang telah disusun pada rencana pembelajaran telah dilaksanakan. Namun karena kekurangan waktu, sebagian kegiatan tidak dapat dilakukan secara maksimal, seperti misalnya jumlah tugas untuk studi kajian ke institusi terkait dengan materi perkuliahan. Demikian juga dengan kegiatan evaluasi tidak dapat dilakukan pada setiap tatap muka. Sebagian kegiatan evaluasi harus digeser pada pertemuan selanjutnya, karena materi ajar belum seluruhnya dibahas.

**Tabel 2. Rancangan Pembelajaran Mata Kuliah *Wireless communication* (Com450 – 4 Sks), Semester Gasal 2010-2011 (Cuplikan)**

Mg ke-	Kemampuan akhir yang diharapkan	Pokok Bahasan	Bahan Kajian (materi ajar)	Bentuk Pembelajaran	Kriteria Penilaian (Indikator)	Bobot Nilai	Materi / Catatan
1	Mahasiswa memahami maksud dan tujuan pembelajaran dengan pendekatan SCL	Pedoman Pelaksanaan SCL	Penjelasan pelaksanaan pengajaran dengan SCL, Aturan kuliah, tugas, dan penilaian	Ceramah + Diskusi	-	-	Presentasi dari dosen pengasuh
2	Mahasiswa mampu mendefinisikan sistem komunikasi wireless	Sistem komunikasi wireless	2.1 Pengenalan sistem komunikasi wireless : 1. Evolusi dari komunikasi radio bergerak	Presentasi dan Diskusi kelompok Informal (Dosen menjelaskan materi “pendahuluan	Mahasiswa mampu berargumentasi dengan indikator sesuai rancangan penilaian	5 %	1. CD Pembelajaran “ <i>Wireless communications</i> ” edisi ke-1, Tahun 2009, Penyusun:

			2. Radiotelephone bergerak di US 3. Contoh dari sistem radio bergerak 4. Trend pada radio selular dan PC	sistem komunikasi wireless", mahasiswa diberikan topik diskusi "evolusi dan trend radio seluler", mahasiswa diskusi, hasil diskusi dipresentasikan			Andrew J.  2. Buku Text "Wireless communication", Theodore R, Prentice Hall
--	--	--	--	--	--	--	---

**Tabel 3. Rancangan Penilaian Mata Kuliah *Wireless Communication* (COM450 – 4SKS), Semester Gasal 2010-2011**

No	Kemampuan Akhir	Bobot	Kriteria / Indikator	Keterangan
1	Penjelasan Konsep	10%	Kebenaran Konsep	Menjelaskan konsep dengan benar
2	Analisis Konsep	20%	Kedalaman Analisis	Menganalisa konsep
3	Mengembangkan Disain	40%	Ketepatan ; Kekuatan Disain	Kreativitas, aplikasi
4	Kemampuan Presentasi	10%	Organisasi; gaya; isi	Soft Skill
5	Sikap Ilmiah	10%	Kejujuran ilmiah; kreatif-inovatif	Soft Skill
6	Ujian Akhir	10%	Kebenaran konsep	Cek Kemampuan

**Tabel 4. Kriteria Penilaian**

Jenjang	Angka	Deskripsi Perilaku
E	<45	Tidak ada argumen, pernyataan yang dibuat tidak saling berhubungan secara logis
D	45 – 55	
C	56 – 60	Ada argumen, namun logikanya kurang tepat dan tidak jelas
C+	61 – 65	Argumennya nampak logis, namun dibeberapa aspek penting penjelasan kurang
B	66 – 75	Penjelasan hanya sebagian (penggalan-penggalan) aspek logis dan jelas
B+	75 – 79	Penjelasan disemua aspek logis dan jelas
A	>80	Penjelasan disemua aspek logis dan jelas, serta original dan disampaikan dengan sangat baik

Untuk mengetahui efektivitas pelaksanaan *Collaborative Learning*, diminta response mahasiswa terhadap pelaksanaan *Collaborative Learning*, dengan cara mengisi seneari pada tabel 4. Skala penilaian dari 1 sampai 10. Seneari dibagi dalam 14 pernyataan bertujuan untuk mengetahui :

- Dampak metode pembelajaran terhadap pemahaman materi
- Ketrampilan komunikasi
- Kemampuan kerja sama
- Peningkatan semangat belajar,

- e. Ketertarikan terhadap pembelajaran mata kuliah yang menggunakan metode SCL (*Collaborative Learning*)

Response mahasiswa terhadap beberapa pernyataan tersebut ditunjukkan pada tabel 5. (dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar = 8,5)

**Tabel 5. Response Mahasiswa Terhadap Metode *Collaborative Learning***

No	Statemen	Response Mahasiswa									
		Tidak Setuju $\longrightarrow$ Setuju									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pelaksanaan perkuliahan, menekankan pada kerja sama kelompok dalam belajar	55,5% mahasiswa memberi nilai 10; 11,1% mahasiswa memberi nilai 9; 11,1% mahasiswa memberi nilai 7; 22,2% mahasiswa memberi nilai 6; Nilai rata-rata : 8,6									
2	Metode Kuliah, meningkatkan pemahaman saya akan materi pembelajaran	33,3% mahasiswa memberi nilai 10; 33,3% mahasiswa memberi nilai 9; 22,2% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 6; Nilai rata-rata : 8,7									
3	Metode Kuliah, menambah ketrampilan saya dalam menganalisa, mengevaluasi dan cara mengaplikasikan teknik-teknik <i>wireless communication</i>	55,5% mahasiswa memberi nilai 10; 11,1% mahasiswa memberi nilai 9; 11,1% mahasiswa memberi nilai 7; 22,2% mahasiswa memberi nilai 6; Nilai rata-rata : 8,6									
4	Metode Kuliah, menambah ketrampilan dan keberanian saya dalam presentasi lisan	66,7% mahasiswa memberi nilai 10; 11,1% mahasiswa memberi nilai 9; 11,1% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 5; Nilai rata-rata : 8,7									
5	Metode Kuliah, menambah kemampuan saya dalam bekerja sama	55,5% mahasiswa memberi nilai 10; 11,1% mahasiswa memberi nilai 9; 22,2% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 7; Nilai rata-rata : 9,1									
6	Metode Kuliah, menyenangkan saat belajar, karena tidak membosankan	33,3% mahasiswa memberi nilai 10; 22,2% mahasiswa memberi nilai 9; 33,3% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 7; Nilai rata-rata : 8,7									
7	Metode Kuliah, mendorong saya aktif belajar dan lebih giat	22,2% mahasiswa memberi nilai 10; 44,4% mahasiswa memberi nilai 9; 22,2% mahasiswa memberi nilai 7; 11,1% mahasiswa memberi nilai 6; Nilai rata-rata : 8,4									

Lanjutan Tabel 5.

No	Statemen	Response Mahasiswa									
		Tidak Setuju → Setuju									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Metode Kuliah, menantang saya untuk belajar lebih banyak dibandingkan mata kuliah yang tidak menerapkan <i>Collaborative Learning</i>	22,2% mahasiswa memberi nilai 10; 44,4% mahasiswa memberi nilai 9; 11,1% mahasiswa memberi nilai 8; 22,2% mahasiswa memberi nilai 7; Nilai rata-rata : 8,6									
9	Metode kuliah, mendorong saya belajar dari sumber belajar lain, seperti buku teks, internet, diskusi dengan teman	33,3% mahasiswa memberi nilai 10; 33,3% mahasiswa memberi nilai 9; 22,2% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 7; Nilai rata-rata : 8,8									
10	Saya menyarankan mata kuliah lain, menggunakan metode pembelajaran SCL <i>Collaborative Learning</i>	33,3% mahasiswa memberi nilai 10; 22,2% mahasiswa memberi nilai 9; 22,2% mahasiswa memberi nilai 8; 22,2% mahasiswa memberi nilai 6; Nilai rata-rata : 8,4									
11	Saya membaca buku text / modul pembelajaran sebelum mengikuti perkuliahan	33,3% mahasiswa memberi nilai 9; 44,4% mahasiswa memberi nilai 8; 22,2% mahasiswa memberi nilai 5; Nilai rata-rata : 7,6									
12	Saya berdiskusi dengan teman, dalam mengerjakan tugas yang diberikan	33,3% mahasiswa memberi nilai 10; 22,2% mahasiswa memberi nilai 9; 33,3% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 6; Nilai rata-rata : 7,5									
13	Pembelajaran dikelas, selalu melakukan diskusi dengan interaktif	33,3% mahasiswa memberi nilai 10; 44,4% mahasiswa memberi nilai 9; 11,1% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 7; Nilai rata-rata : 9,0									
14	Diskusi yang dilakukan dikelas, menunjang pemahaman materi pembelajaran	33,3% mahasiswa memberi nilai 10; 33,3% mahasiswa memberi nilai 9; 22,2% mahasiswa memberi nilai 8; 11,1% mahasiswa memberi nilai 7; Nilai rata-rata : 8,8									

Evaluasi hasil pembelajaran dapat ditinjau dari tiga nilai, yaitu Skor Tengah Semester (STS), Skor Akhir Semester (SAS), dan Nilai Akhir Semester (NAS), yang merupakan hasil dari perhitungan 40% STS dan 60% SAS.

Berdasarkan hasil Skor Tengah Semester (yang meliputi, hasil test, tugas, dan UTS), diperoleh informasi, bahwa dari 13 mahasiswa peserta mata kuliah

*Wireless communication*, (84,6%) mendapat nilai A, (15,4%) mendapat nilai B+, Tidak ada mahasiswa yang mendapat nilai B,C,D,E.

Untuk melihat tingkat keberhasilan pelaksanaan penelitian ini, maka dibandingkan hasil evaluasi, terhadap target indikator kinerja sesudah penerapan metode *Collaborative Learning*. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 6

### Kesimpulan dan Saran

Dari pengalaman menerapkan metode pembelajaran *Collaborative Learning*, pada mata kuliah *Wireless communication*, dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Pengajar perlu mempersiapkan rancangan kegiatan pembelajaran didalam kelas, agar terjadi pembelajaran yang mendorong peserta aktif belajar yang ditandai dengan banyaknya literatur-literatur yang dicari secara mandiri, dan terjadi interaksi antar peserta mata kuliah lainnya.
2. Pengajar perlu banyak waktu dalam melakukan proses kegiatan pembelajaran, meliputi : persiapan bahan ajar, dan evaluasi hasil kegiatan pembelajaran
3. Presentase meningkatnya taraf berpikir (menuju High Order Thinking) dari mahasiswa, dengan meningkatnya presentase mahasiswa dalam memperoleh nilai A, terjadi kenaikan presentase distribusi nilai A dari 11 % (sebelum pelaksanaan), menjadi 84,6% sesudah pelaksanaan, sesuai dengan rancangan penilaian
4. Kepuasan mahasiswa terhadap metode *Collaborative Learning*, berdasarkan skala Likert (1-10), dengan skor 7,99% (artinya peserta dapat menikmati pembelajaran dikelas dengan menggunakan metode tersebut.
5. Pembelajaran *Collaborative Learning* juga efektif untuk meningkatkan kemampuan bekerja sama, komunikasi dan tanggung jawab. Hal ini dikarenakan terjadinya proses kegiatan yang terdapat didalam kelompok-kelompok kerja yang kecil, sehingga mendorong setiap anggota berpartisipasi aktif dalam penyelesaiannya.

Untuk Keefektifan kegiatan pembelajaran dengan metode *Collaborative Learning* ini, disarankan jumlah peserta per kelas tidak melebihi 25 orang untuk satu pengajar. Disamping itu perlunya perkuliahan lapangan secara langsung, sehingga memotivasi peserta untuk dapat memahami dan mengaplikasikan materi yang didapat didalam kelas, dan realita yang terjadi.

**Tabel 6. Evaluasi Ketercapaian Indikator Kinerja**

No	Indikator Kinerja	Sebelum Perbaikan	Target Sesudah Perbaikan	Kenyataan sesudah Penerapan (UTS)	Kesimpulan
1	Distribusi nilai A	11%	84,6%	100%	Tercapai
2	Kepuasan mahasiswa terhadap metode <i>Collaborative Learning</i> , berdasarkan skala	Belum diketahui	6	8,53	Tercapai

	Likert (1-10)				
3	Tersedia modul pengajaran	Belum Ada	Ada	Ada	Tercapai
4	Tersedia Modul Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) berbasis SCL, untuk mata kuliah <i>Wireless communication</i>	Belum Ada	Ada	Ada	Tercapai

### DAFTAR PUSTAKA

- UKWMS 2003, Buku Pedoman Akademik Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
- Endrotomo, 2009, "Pembelajaran dengan pendekatan Student Centered Learning", Makalah disajikan pada lokakarya Student Centeres Learning Jurusan Teknik Elektro, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, 10-13 Juni 2009
- Endrotomo, 2009, "Model-Model Pembelajaran SCL", Makalah disajikan pada lokakarya Student Centeres Learning Jurusan Teknik Elektro, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, 10-13 Juni 2009
- Davis, Barbara G., " Collaborative Learning Group Work and Study Team ", <http://teaching.berkeley.edu/bgd/collaborative.html>
- Felder R.M., Brent R., 1994, " Cooperative Learning in Technical Courses : Procedure, Pitfalls and Payoffs ", ERIC Doc., Reproduction Serv, ED 377038, <http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/Coopreport.html>
- Gulo W., 2002. " Strategi Belajar Mengajar ", Grasindo, Jakarta
- Hari srinivas, " What is Collaborative Learning ", <http://www.gdrc.org/kmgmt/c-learn/what-is-cl.html>
- Johnson D.W., Jonhson R., Smith K., 1998, " Active Learning : Cooperation in The College Classroom ", Interaction Book Co, Edina – MN
- Wong, T.S., 2001, " Group Work in Science Learning – International Scenarios and Implication for Teaching and Learning in Hongkong, " *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*,
- Rasional Sitepu, Laporan Teaching Grant : Perbaikan Proses dan Hasil Pembelajaran Mata Kuliah Dasar Teknik Elektro dengan Menerapkan Metode Cooperative Learning, PHKI I-2009, 2009.
- Theodore S. Rappaport, 1996, "Wireless Communication, Principle and Practice", Prentice Hall PTR, New Jersey.

**PERANCANGAN SMART-DIGITAL PHYSICS DICTIONARY SEBAGAI  
UPAYA PENINGKATAN MINAT SISWA-SISWI SMP RSBI/SBI  
BELAJAR FISIKA**

**Atut Reni Septiana, Elisabeth Pratidhina Founda Noviani,  
Ruth Evrilia Oka Mahastri  
Jurusan Pendidikan Fisika  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA,**

**Abstrak.** *Fisika adalah ilmu alam yang sangat penting dalam perkembangan teknologi. Pelajaran fisika mulai diberikan sejak siswa menginjak jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP). Banyak siswa tidak tertarik pada mata pelajaran fisika. Umumnya para siswa menganggap fisika itu sulit dan membosankan. Salah satu penyebab siswa SMP tidak menyukai fisika adalah bahwa mereka yang baru mengenal fisika, sudah dihadapkan pada berbagai istilah fisika yang kurang dapat mereka pahami, terlebih kesulitan ini dialami oleh siswa-siswi RSBI/SBI yang dituntut mengikuti pembelajaran dalam bahasa Inggris. Selain itu para siswa juga kesulitan dalam mengimplementasikan fisika dalam kehidupan riil, para siswa cenderung familiar dengan image bahwa fisika itu penuh dengan persamaan-persamaan yang rumit dan terkesan abstrak. Hal inilah yang mendorong kami untuk menciptakan inovasi dalam media pembelajaran fisika, yaitu dengan membuat kamus fisika bilingual digital yang dilengkapi dengan visualisasi gejala fisis yang diharapkan dapat menarik minat siswa dan membantu siswa dalam mengenal fisika. Sasaran dalam program ini adalah siswa-siswi SMP khususnya pada sekolah RSBI dan SBI.*

*Hasil dari program ini adalah realisasi software media pembelajaran kamus fisika digital yang diberi nama Smart Digital Physics Dictionary (Smart Diphdyic). Software ini berisi beberapa fitur, seperti kamus fisika, biografi fisikawan, persamaan fisika, contoh soal dan solusi, serta konstanta fisika. Sesuai dengan sasaran yang ditetapkan software ini dibuat dalam bilingual, yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Software ini telah diuji cobakan ke beberapa SMP RSBI/SBI dan hasilnya para siswa cukup tertarik menggunakan software ini sebagai media pembelajaran*

**Kata kunci:** *fisika, SMP, RSBI/SBI, Smart Digital Physics Dictionary, bilingual*

**Pendahuluan**

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu alam yang mendasari perkembangan teknologi. Sebagai ilmu yang mempelajari fenomena alam, fisika juga memberikan pelajaran yang baik kepada manusia untuk hidup selaras berdasarkan hukum alam. Pengelolaan sumber daya alam dan penguasaan teknologi tidak akan berjalan optimal tanpa pemahaman yang baik tentang fisika.

Pelajaran fisika mulai diperkenalkan saat siswa menginjak jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP), meskipun pada taraf sekolah dasar para siswa juga



sudah dikenalkan dengan prinsip-prinsip fisika pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Pelajaran fisika diberikan kepada para siswa karena fisika sangat penting bagi kehidupan manusia dan sangat mendasari perkembangan teknologi, namun banyak siswa yang tidak tertarik pada mata pelajaran fisika. Umumnya para siswa menganggap fisika itu sulit dan membosankan. Salah satu penyebab siswa SMP tidak menyukai fisika adalah bahwa mereka yang baru mengenal fisika, sudah dihadapkan pada berbagai istilah fisika yang kurang dapat mereka pahami. Kebanyakan buku-buku fisika SMP tidak menjelaskan berbagai istilah penting dalam fisika itu secara jelas, bahkan beberapa buku melewatkan penjelasan tentang beberapa istilah tersebut. Selain itu bagi banyak siswa *image* fisika terkesan sulit, karena para siswa hanya memahami bahwa fisika itu penuh dengan persamaan yang rumit dan abstrak, padahal sebenarnya esensi fisika itu sangat erat dengan kehidupan sehari-hari.

Ketidaktertarikan siswa-siswi SMP terhadap mata pelajaran fisika akan membuat mereka enggan untuk mempelajari fisika, padahal kita tahu agar teknologi bisa berkembang fisika sangat diperlukan sebagai dasar. Untuk itu kami berinisiatif untuk membuat kamus fisika yang praktis dan mudah dipahami bagi siswa-siswi SMP. Karena saat ini siswa-siswi SMP sudah sangat mengenal dunia *digital*, khususnya yang tinggal di perkotaan, maka munculah ide untuk membuat *Smart Digital Physics Dictionary* bagi anak SMP.

Program ini bukan hanya sekedar membuat aplikasi kamus fisika yang berisi istilah fisika dan penjelasannya, namun juga disertai dengan gambar serta animasi penjelas. Hal tersebut bertujuan agar aplikasi ini lebih komunikatif dan menarik. Selain itu aplikasi dikemas dalam dua bahasa (*bilingual*), yaitu dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.

Gagasan untuk membuat *Smart Digital Physics Dictionary* bagi anak SMP juga didasari oleh beberapa hal, diantaranya:

1. Adanya tuntutan perkembangan ICT (*Information Communication Technology*) atau yang juga dikenal dengan TIK (Teknologi Informasi Komunikasi). Saat ini di setiap sekolah sudah ada mata pelajaran TIK, sehingga program kami ini akan semakin menunjang perkembangan TIK.
2. Adanya program SBI dan RSBI, menuntut adanya pengembangan media pembelajaran berbasis ICT dan dikemas dalam *bilingual*.
3. Hal-hal berbau TIK, menurut pemantauan kami, ternyata lebih menarik bagi siswa-siswi SMP.
4. Siswa-siswi lebih menyukai penjelasan yang disertai dengan gambar atau animasi yang menarik sehingga apabila kami membuat sebuah program kamus fisika yang disertai dengan gambar atau animasi akan membuat siswa lebih tertarik pada fisika.

Dengan memanfaatkan teknologi saat ini, bukanlah hal yang mustahil untuk mewujudkan sarana pembelajaran yang menarik dan praktis, seperti *Smart Digital Physics Dictionary* ini. Salah satu yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi *Smart Digital Physics Dictionary* ini adalah Microsoft® Visual Basic dan didukung oleh beberapa aplikasi lain seperti Corel® Draw dan Adobe® Flash

Microsoft® Visual Basic merupakan salah satu program yang banyak dipakai oleh *programmer* dalam membuat program aplikasi. Hal ini karena

tersedia berbagai fasilitas yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung terciptanya program aplikasi. Visual Basic merupakan salah satu bahasa pemrograman yang bekerja dalam lingkup Ms. Windows yang banyak digunakan saat ini.

Aplikasi pendukung seperti Corel® Draw dan Adobe® Flash diperlukan untuk membuat gambar-gambar dan animasi-animasi penjelas yang komunikatif dan menarik.

Dengan mengintegrasikan Microsoft® Visual Basic dan beberapa aplikasi pendukung seperti Corel® Draw dan Adobe® Flash maka akan tercipta suatu program *Smart Digital Physics Dictionary* yang dikemas mudah, menarik, membantu dan komunikatif.

Dengan sifatnya yang praktis, diharapkan *Smart Digital Physics Dictionary* mampu membuat siswa-siswi SMP menjadi tertarik dalam belajar fisika.

### Kajian Pustaka

Kata media berasal dari kata medium yang secara harfiah artinya perantara atau pengantar. Banyak pakar tentang media pembelajaran yang memberikan batasan tentang pengertian media. Menurut AECT (*Association of Educational and Communication Technology*) yang dikutip oleh Rohani (1997), media adalah segala bentuk yang dipergunakan untuk proses penyaluran informasi. Sedangkan menurut Djamarah (1997) media adalah alat bantu apa saja yang dapat dijadikan sebagai penyalur pesan guna mencapai tujuan pembelajaran.

Media pembelajaran ada banyak jenisnya. Penggolongan media pembelajaran, jika dilihat dari berbagai sudut pandang adalah sebagai berikut :

- a. Dilihat dari jenisnya media dapat digolongkan menjadi: media audio, media visual dan media audio visual.
- b. Dilihat dari daya liputnya media dapat digolongkan menjadi: media dengan daya liput luas dan serentak, media dengan daya liput yang terbatas dengan ruang dan tempat, dan media pengajaran individual.
- c. Dilihat dari bahan pembuatannya media dapat digolongkan menjadi: media sederhana (murah dan mudah memperolehnya) dan media komplek.
- d. Dilihat dari bentuknya media dapat digolongkan menjadi: media grafis (dua dimensi), media tiga dimensi, dan media elektronik.

Tresna dalam Ali (2005) menjelaskan bahwa peranan media dalam pembelajaran mempunyai pengaruh sebagai berikut:

- a. Media dapat menyiarkan informasi yang penting
- b. Media dapat digunakan untuk memotivasi pembelajar pada awal pembelajaran
- c. Media dapat menambah pengayaan dalam belajar
- d. Media dapat menunjukkan hubungan-hubungan
- e. Media dapat menyajikan pengalaman-pengalaman yang tidak dapat ditunjukkan oleh guru
- f. Media dapat membantu belajar perorangan
- g. Media dapat mendekatkan hal-hal yang ada di luar ke dalam kelas.

Sedangkan Latuheru (2005) berpendapat bahwa peran media dalam pembelajaran adalah:

- a. Membangkitkan motivasi belajar pembelajar
- b. Mengulang apa yang telah dipelajari pembelajar
- c. Merangsang pembelajar untuk belajar penuh semangat
- d. Mengaktifkan respon pembelajar
- e. Segera diperoleh umpan balik dari pembelajar.

Pemilihan media pembelajaran tidak boleh sembarangan harus memenuhi prinsip-prinsip tertentu, prinsip pemilihan media pembelajaran menurut Harjanto (1997) harus memperhatikan: tujuan, keterpaduan, keadaan peserta didik, ketersediaan, mutu teknis, dan biaya. Dan yang perlu diingat bersama bahwa tidak ada satu media pun yang sifatnya bisa menjelaskan semua permasalahan atau materi pembelajaran secara tuntas.

### Metode

Penelitian atau pengembangan ini menggunakan metode pengembangan media elektronik, tahapannya meliputi studi eksplorasi, pembuatan program, dan pengujian.

Pengembangan bentuk awal produk melalui beberapa tahapan, yaitu: pemetaan istilah dan fisika SMP, perancangan desain aplikasi, pembuatan data base, pembuatan animasi dan gambar pendukung, penggabungan semua fitur dalam sebuah *software Smart Digital Physics Dictionary*. Produk yang dihasilkan berupa perangkat lunak yang dikemas dalam bentuk *compact disk* (CD). Instrumen yang digunakan dalam pembuatan *software* adalah Microsoft® Visual Basic, Corel® Draw dan Adobe® Flash

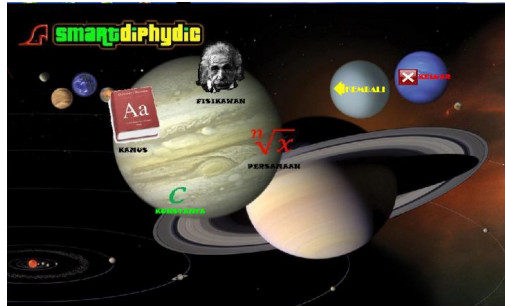
Pengujian dilakukan untuk melihat respon sasaran terhadap *software* media pembelajaran yang dibuat. Pengujian dilakukan di SMP Negeri 2 Klaten dan SMP negeri 4 Klaten kepada siswa-siswi kelas 1 dan kelas 2. Kelayakan dan kesesuaian program diketahui dengan membagikan angket dan wawancara kepada siswa-siswi serta guru mata pelajaran fisika, kemudian data diolah dalam bentuk grafis dan narasi deskriptif.

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

Sesuai dengan tujuan penelitian/pengembangan, hasil pengembangan ini berupa aplikasi *Smart Digital Physics Dictionary* yang dikemas dalam *compact disk* (CD). Fitur yang ada dalam *Smart Digital Physics Dictionary* ini meliputi:

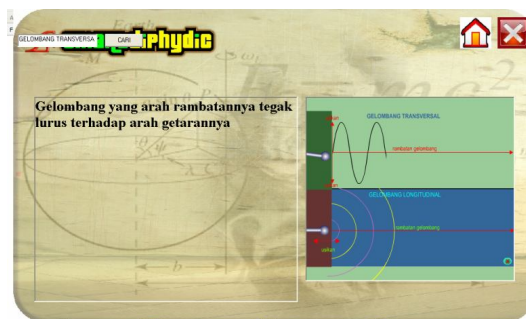
1. Kamus Fisika
2. Kenali Fisikawan
3. Persamaan Fisika (dilengkapi Contoh Soal dan Pembahasan)
4. Konstanta Fisika

Seluruh fitur dalam kamus ini dibuat bilingual, dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.



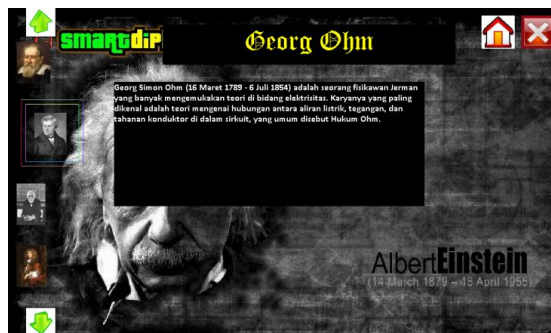
Gambar 1. Halaman Utama

Fitur yang pertama adalah Kamus Fisika, di dalam fitur ini pengguna dapat melakukan pencarian arti dari istilah fisika yang ada di SMP beserta gambar atau animasi penjelas. Fitur ini adalah fitur utama dari program ini sebab tujuan utama adalah mempermudah siswa untuk memahami istilah fisika yang masih asing bagi mereka.



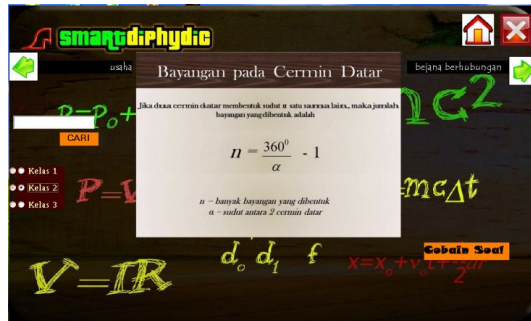
Gambar 2. Fitur Kamus fisika

Fitur kedua adalah Kenali Fisikawan, pada menu Kenali Fisikawan berisi biografi beberapa tokoh-tokoh fisikawan, misalnya Isacc Newton, Galileo Galilei dan sebagainya.



Gambar 3. Fitur Kenali Fisikawan

Fitur ketiga adalah Persamaan Fisika. Fitur ini berisi beberapa persamaan fisika yang ada dalam materi SMP dilengkapi dengan contoh soal sebagai latihan dan pembahasannya.



Gambar 4. Fitur Persamaan Fisika

Fitur keempat adalah Konstanta Fisika, di dalam menu ini pengguna dapat mencari daftar konstanta maupun koefisien yang digunakan dalam perhitungan fisika, selain itu juga terdapat tabel massa jenis berbagai zat dll.

Tetapan	Nilai
Massa elektron ( $m_e$ )	$9.1095 \times 10^{-31}$ kg
Muatan elektron	$-1.6021917 \times 10^{-19}$ C
Massa proton ( $m_p$ )	$1.67261 \times 10^{-27}$ kg
Muatan proton	$1.6021917 \times 10^{-19}$ C
Massa neutron ( $m_n$ )	$1.67492 \times 10^{-27}$ kg
Muatan neutron	0
Konstanta coulomb (k)	$8.9875 \times 10^9$ Nm <sup>2</sup> /C <sup>2</sup>
Permittivitas ruang hampa ( $\epsilon_0$ )	$8.8542 \times 10^{-12}$ C <sup>2</sup> /Nm <sup>2</sup>
Permeabilitas ruang hampa ( $\mu_0$ )	$4\pi \times 10^{-7}$ N/A <sup>2</sup>
	$1.256637 \times 10^{-6}$ N/A <sup>2</sup>
Konstanta gravitasi (G)	$6.6726 \times 10^{-11}$ Nm <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Kecepatan cahaya (c)	$2.99792458 \times 10^8$ m/s

Gambar 5. Fitur Konstanta Fisika

Program aplikasi yang dibuat telah melalui tahapan pengujian ahli dan lapangan. Pengujian ahli dilakukan oleh dosen pembimbing yang memiliki keahlian dalam kurikulum dan media pembelajaran. Masukan dari dosen pembimbing digunakan sebagai penyempurnaan sebelum pengujian lapangan. Pengujian lapangan dilakukan untuk mengetahui respon sasaran, dalam hal ini siswa-siswi SMP RSBI/SBI, terhadap media pembelajaran *Smart Digital Physics Dictionary*.

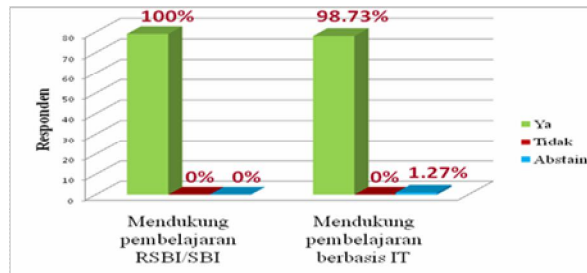
Uji coba di SMP Negeri 2 Klaten dan SMP Negeri 4 Klaten dengan melibatkan siswa-siswi dan guru mata pelajaran Fisika.

Para siswa dan guru diminta untuk mencoba mengoperasikan *software* ini dengan diberi penjelasan sebelumnya. Setelah pengoperasian selesai dilakukan

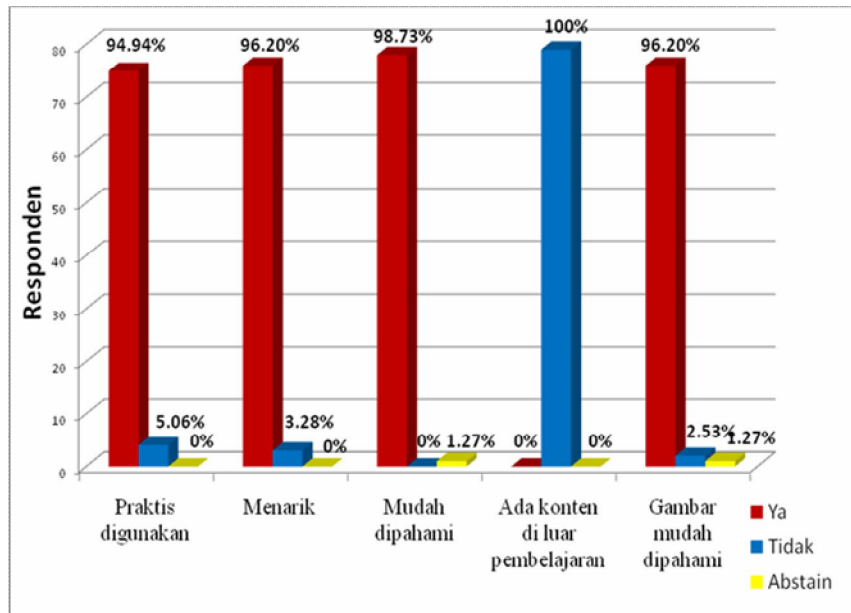
diskusi mengenai program yang telah dicoba, kemudian siswa diminta untuk mengisi kuesioner yang berisi beberapa aspek penilaian keberhasilan media.

### Analisis Angket

Angket yang telah dibagikan kepada responden telah dianalisis dan didapatkan hasil tanggapan dari responden sebagai berikut :



**Grafik 1. Angket *Smart Diphdyic 2* ditinjau dari aspek dukungan terhadap pembelajaran**



**Grafik 2. Angket *Smart Diphdyic 2* ditinjau dari aspek respon siswa terhadap produk yang dihasilkan**

Berdasarkan grafik di atas, secara umum program *Smart DiPhyDic* ini cukup dapat diterima oleh responden. Hampir seluruh responden menyatakan bahwa program aplikasi *Smart Diphdyic* layak digunakan sebagai penunjang

pembelajaran berbasis IT di sekolah-sekolah SBI/RSBI yang menarik, praktis digunakan, dan mudah dipahami. Respon responden terhadap program ini sangat bagus, mereka bahkan sangat tertarik menggunakan program ini sebagai alat bantu untuk mengenal fisika secara lebih menyenangkan.

### Kesimpulan dan Saran

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, telah berhasil dikembangkan produk pembelajaran berupa software yang diberi judul *Smart Diphydic (Smart Digital Physics Dictionary)*. Program ini telah melalui tahap pengujian. Berdasarkan hasil uji coba dan uji kelayakan produk yang telah dilakukan oleh Tim dapat disimpulkan bahwa produk yang diterapkan berupa *SmartDiphydic* mampu digunakan sebagai alternatif media pembelajaran khususnya SMP SBI/RSBI.

Program aplikasi pembelajaran *Smart Diphydic* menawarkan fitur-fitur yang membantu siswa-siswi SMP ini tertarik pada fisika dan memudahkannya dalam mempelajari fisika secara riil. Program ini dilengkapi dengan ilustrasi-ilustrasi yang membantu siswa-siswi untuk mengimplementasikan fisika dalam kehidupan riil sehari-hari.

Hasil uji coba ke responden juga menunjukkan hasil respon yang positif. Program aplikasi pembelajaran *Smart Diphydic* ini cukup diminati dan dinilai membantu siswa-siswi SMP dalam belajar fisika.

Pengembangan dan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Tim ini baru merupakan rintisan sehingga untuk tindak lanjut disarankan:

- a. Dilakukan pengkajian lebih lanjut tentang bagaimana pengaruh penggunaan *software* ini pada hasil belajar fisika siswa-siswi SMP
- b. Guru-guru SMP atau yang sederajat dapat mengembangkan produk serupa untuk mata pelajaran lainnya sehingga keperluan/kebutuhan siswa terhadap media pembelajaran dapat dipenuhi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M Dkk. (2005). *Pengembangan Bahan pembelajara Berbantuan Komputer Untuk Memfasilitasi bahan Belajar Mandiri Dalam Mata Diklat Penerapan Konsep Dasar Listrik dan Elektronika di SMK*. Laporan penelitian Research Grant PHK A2 Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY
- Djamarah, Syaiful Bahri dan Zain, Aswan. (1997). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta : Rineka Cipta
- Harjanto. (1997). *Perencanaan Pengajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Razaq, Abdul. (2004). *Belajar Cepat Visual Basic 6.0* . Surabaya: Indah
- Rohani, A. (1997). *Media Instruksional Edukatif*. Jakarta: Rineka Cipta.

## **PEMBUATAN MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS KOMPUTER POKOK BAHASAN FLUIDA STATIS**

**Dicsi Kartika Sari, I Nyoman Arcana, G.Budijanto Untung**

**Prodi Pendidikan FISIKA  
FKIP UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** Pokok bahasan fluida membutuhkan banyak visualisasi untuk mempermudah pemahamannya. Selain melalui demonstrasi dan praktikum, visualisasi juga bisa ditunjukkan melalui animasi berbasis computer. Salah satu keuntungan melalui animasi ini adalah dapat memperlihatkan prosesnya dengan lebih perlahan.

Penelitian ini bertujuan membuat media pengajaran berbasis computer yang berkaitan dengan pengajaran fisika pada sub pokok bahasan fluida statis yang dilengkapi dengan video dan simulasi. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode perancangan dan pembuatan media. Prosedur penelitian dilakukan melalui penelaahan materi fisika, penyusunan materi, eksperimen untuk pengambilan data, pembuatan perangkat lunak atau pembuatan media, uji coba dan perbaikan sehingga terbentuk CD media pembelajaran fisika berbasis komputer sub pokok bahasan fluida statis. Alat yang digunakan adalah komputer beserta asesorisnya. Hasil penelitian yang diharapkan adalah CD media pembelajaran fisika berbasis komputer sub pokok bahasan fluida.

**Kata kunci :** media pengajaran fisika, komputer, fluida, macromedia flash.

### ***Pendahuluan***

Fluida merupakan salah satu pokok bahasan dalam fisika yang memiliki banyak sub pokok bahasan. Pada pokok bahasan fluida banyak terdapat proses yang memerlukan visualisasi, misalnya pada fluida statis terdapat gaya yang dikerjakan oleh suatu fluida, tekanan dalam suatu fluida, serta gaya luar yang bekerja pada fluida. Pokok bahasan fluida memerlukan praktikum untuk mempermudah pemahaman.

Berdasarkan observasi yang dilakukan pada saat praktek pengalaman lapangan di SMA Katolik Santo Yusup, guru merasa pembelajaran pada materi fluida yang dilakukan selama ini kurang sempurna. Penyebab kurang sempurna tersebut adalah keterbatasan waktu yang tersedia untuk menyelesaikan materi fluida sesuai dengan RPP. Selain itu alat praktikum yang diperlukan untuk lebih menunjang pemahaman kurang lengkap, sehingga praktikum tidak sepenuhnya dilakukan oleh guru.

Berdasarkan uraian di atas perlu dicari cara pembelajaran sehingga pembelajaran berlangsung lebih baik. Cara yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pembuatan media pembelajaran berbasis komputer. Melalui media ini



selain dapat memvisualisasikan materi fluida juga dapat ditunjukkan animasi, video, dan simulasi eksperimen yang dapat menghemat waktu pembelajaran.

### **Kajian Pustaka**

Penggunaan komputer sebagai media pengajaran ini dikenal dengan nama pengajaran dengan bantuan komputer atau Computer-Assisted Instruction (CAI) atau Computer-Assisted Learning (CAL). Interaksi dalam lingkungan pengajaran berbasis komputer memiliki 3 unsur, yaitu urutan instruksional yang dapat disesuaikan, jawaban, respons atau pekerjaan dari siswa, umpan balik tepat yang disesuaikan. Penggunaan komputer sebagai media pengajaran pada umumnya mengikuti proses instruksional sebagai berikut:

- a. Merencanakan, mengatur dan mengorganisasikan, dan menjadwalkan pengajaran.
- b. Mengevaluasi siswa ( tes )
- c. Mengumpulkan data mengenai siswa.
- d. Melakukan analisis statistic mengenai data pembelajaran.
- e. Membuat catatan perkembangan pembelajaran (kelompok atau perseorangan).

Dilihat dari situasi belajar di mana komputer digunakan untuk tujuan menyajikan pelajaran, bentuk CAI dapat meliputi:

- a. Tutorial. Dalam sistem tutorial ini, informasi atau pesan berupa konsep disajikan di layar komputer dengan teks, gambar, atau grafik. Pada saat yang tepat siswa diperkirakan telah membaca, menginterpretasi, dan menyerap konsep yang disajikan, lalu guru mengajukan pertanyaan. Jika jawaban benar, komputer melanjutkan penyajian informasi berikutnya, namun bila jawaban salah maka komputer akan kembali ke sajian sebelumnya.
- b. Drills and Practice (Latihan) . Modus ini dapat berguna untuk memahirkan keterampilan atau memperkuat penguasaan konsep. Komputer menyiapkan serangkaian soal yang serupa dengan yang biasanya ditentukan dalam buku atau lembar kerja workbook. Metode penggunaan : setelah soal disajikan dan dijawab oleh siswa, lalu dilakuakn analisis. Kemudian pembahasan soal disajikan secara langsung sebelum soal berikutnya disajikan (penguatan secara konstan terhadap jawaban yang benar). Ini digunakan sebaga landasan pengajaran materi selanjutnya.
- c. Simulasi. Simulasi pada komputer memberikan kesempatan untuk belajar secara dinamis, interaktif, dan perorangan. Dengan simulasi, lingkungan kerja yang kompleks dapat ditata sehingga menyerupai dunia nyata. Misalnya membuat simulasi bagan rangkaian listrik atau rangkaian PCB dengan menggunakan software yang telah terinstal di komputer.

Keberhasilan pembelajaran CAI tergantung pada faktor proses., kognitif dan motivasi belajar. Sehingga, para ahli mengajukan prinsip-prinsip perancangan CAI, yaitu:

- a. Belajar harus menyenangkan
- b. Interaktifitas.

- c. Kesempatan berlatih harus memotivasi, cocok, dan tersedia feedback.
- d. Menuntun dan melatih siswa dengan lingkungan informal.

### **Fluida Statis**

Fluida ialah zat yang dapat mengalir. Yang termasuk didalamnya adalah zat cair dan gas. Perbedaan zat cair dengan gas terutama terletak pada kompresibilitasnya. Gas mudah dimampatkan, sedang zat cair praktis tidak dapat dimampatkan. Disini perubahan kecil volum zat cair yang menderita tekanan umumnya diabaikan. Fluida statis atau biasa disebut dengan hidrostatis adalah ilmu atau perihal tentang zat alir atau fluida yang diam tidak bergerak.

Disini yang akan dibahas adalah:

- Massa Jenis
- Tekanan
- Tekanan Hidrostatik
- Hukum-hukum dasar fluida statis, dan
- Tegangan permukaan air

### **Metode**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan media elektronik. Prosedur pengembangan meliputi: studi eksplorasi, pengembangan bentuk awal produk, validasi (validasi ahli, uji lapangan), dan revisi program berdasarkan hasil validasi. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara dan angket, kemudian dianalisis secara deskriptif. Pengembangan dilakukan di Prodi Fisika FKIP Unika Widya Mandala. Pelaksanaan penelitian ini melalui 7 tahap:

1. Tahap pertama adalah penelaahan materi fisika yaitu menelaah materi fluida statis dari beberapa buku yang digunakan di SMA maupun di Perguruan Tinggi. Selain itu juga menelaah tentang teknik-teknik pembuatan media animasi dari beberapa buku yang berkaitan dengan macromedia flash.
2. Penyusunan Materi  
Pada tahap ini, dilakukan penyusunan materi yang akan disajikan dalam program media pembelajaran, yaitu teori, praktikum, video, latihan soal dan evaluasi. Teori yang akan ditampilkan yaitu tentang fluida statis.
3. Eksperimen dan Pengambilan Data.  
Pada tahap ini, meliputi pelaksanaan eksperimen dengan menggunakan alat-alat praktikum fluida yang bertujuan untuk pengambilan data.
4. Pembuatan Perangkat Lunak  
Pada tahap ini, dilakukan pembuatan program animasi sesuai dengan materi dan yang telah disusun. Hasil dari eksperimen dan data yang diperoleh digunakan sebagai bahan pembuatan simulasi eksperimen.
5. Uji Coba  
Media pembelajaran yang terbuat dalam bentuk CD akan diujicobakan melalui tiga tahap:
  - a. Tahap pertama akan diperiksa oleh para ahli fisika dan ahli program.
  - b. Tahap kedua akan diujicobakan pada beberapa mahasiswa PSP Fisika Unika Widya Mandala Surabaya.

- c. Tahap ketiga akan diujicobakan kepada para siswa SMA sebagai wakil calon pemakai.

Tujuannya adalah untuk mendapatkan masukan tentang tampilan, kebenaran materi, kemudahan pengoperasian, serta saran-saran perbaikan program.

Input yang diperoleh pada ujicoba direkam melalui angket dan melalui wawancara terbuka.

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian berupa *CD* tentang Media Pembelajaran Fisika Sub Pokok Bahasan Fluida Statis. Secara garis besar isi program yang terdapat dalam *CD* meliputi:

1. Teori, berisikan materi Fluida Statis yaitu massa jenis, tekanan, tekanan hidrostatik, hukum-hukum dasar fluida statis dan tegangan permukaan air dengan animasi.
2. Video yang menampilkan penjelasan lebih lanjut tentang materi fluida statis.
3. Simulasi eksperimen yang dapat digunakan sebagai media praktikum.

Untuk memberikan gambaran secara umum tentang apa yang terdapat

dalam *CD*, *print out* dari beberapa halaman yang ditampilkan pada layar monitor, terlihat seperti gambar.



*CD* yang dibuat telah diujicobakan melalui tiga tahap, tahap pertama telah diperiksa oleh ahli untuk mengetahui kebenaran materi dalam program. Selanjutnya program diseminarkan untuk mendapat masukan-masukan perbaikan program. Dari masukan-masukan yang telah diterima, dilakukan revisi program. Tahap kedua, program yang telah direvisi diujicobakan pada 10 mahasiswa jurusan Fisika Widya Mandala Surabaya.

Setelah diujicobakan didapat masukan-masukan dari mahasiswa, kemudian dari masukan-masukan itu dilakukan lagi revisi program. Tahap ketiga, program diujicobakan pada 10 orang siswa SMA sebagai wakil calon pemakai. Setelah diujicobakan kepada siswa maka program direvisi lagi berdasarkan komentar-komentar dari siswa. Cara pengujian dilakukan dengan menggunakan angket.

**Tabel 1. Angket dari 10 Mahasiswa dalam Persen**

No	Pernyataan	Banyak yang memilih dalam persen			
		SS	S	TS	STS
1	Tidak ada kesulitan membuka program	50	50	-	-
2	Tidak ada kesulitan mengoperasikan program	30	50	10	10
3	Mengasyikkan dengan adanya animasi	20	70	10	-
4	Dapat mempercepat pemahaman	10	80	10	-
5	Superposisi gelombang mudah diamati melalui animasi	50	50	-	-
6	Mudah diingat dengan adanya animasi	20	80	-	-
7	Tampilan program cukup menarik	30	60	10	-
8	Menarik karena melalui computer	30	70	-	-
9	Dapat dipelajari sendiri	10	80	10	-
10	Tepat sebagai sarana pengayaan	40	40	20	-
11	Program ini menambah kebingungan	-	10	70	20

**Tabel 2. Data Angket dari 10 Siswa dalam Persen**

No	Pernyataan	Banyak yang memilih dalam persen			
		SS	S	TS	STS
1	Tidak ada kesulitan membuka program	50	50	-	-
2	Tidak ada kesulitan mengoperasikan program	40	60	-	-
3	Mengasyikkan dengan adanya animasi	50	30	20	-
4	Dapat mempercepat pemahaman	30	60	10	-
5	Superposisi gelombang mudah diamati melalui animasi	50	30	20	-
6	Mudah diingat dengan adanya animasi	70	30	-	-
7	Tampilan program cukup menarik	30	50	20	-
8	Menarik karena melalui computer	60	30	10	-
9	Dapat dipelajari sendiri	30	70	-	-
10	Tepat sebagai sarana pengayaan	60	40	-	-
11	Program ini menambah kebingungan	-	10	60	30

Data yang diperoleh dari mahasiswa maupun siswa SMA yang diambil sebagai sampel, ada 10% siswa yang menyatakan program media pembelajaran ini menambah kebingungan bagi mereka karena masih jarang mengoperasikan komputer. Komentar-komentar yang didapat menyatakan perlu diberikan suara yang bertujuan untuk menjelaskan program. Namun secara umum dinyatakan program ini sudah cukup bagus.

Dari tabel 2 pilihan sangat setuju (SS) atau setuju (S) pada pernyataan no.1-10 berjumlah 93, sedangkan pada pernyataan no.11 ada 1 yang memilih. Pilihan tidak setuju (TS) atau sangat tidak setuju (STS) pada pernyataan no.1-10 berjumlah 8, sedangkan pada pernyataan no.11 berjumlah 9. Secara matematis dituliskan :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Untuk pernyataan no.1-10:} & \text{SS} + \text{S} & = 93 \\
 & \text{TS} + \text{STS} & = 7 \\
 \text{Untuk pernyataan no.11:} & \text{SS} + \text{S} & = 1 \\
 & \text{TS} + \text{STS} & = 9 \quad + \\
 \text{Jumlah:} & & \underline{110}
 \end{array}$$

Yang mengidentifikasi program ini baik atau tidak adalah peserta quisoner memilih SS atau S pada pernyataan no.1-10 dan memilih TS atau STS pada no.11 dalam angket. Dari data yang diperoleh persentase yang mengidentifikasi program ini baik =  $((93 + 10) / 110) \times 100\% = 93\%$ . Dengan demikian, Program Media Pembelajaran Fisika Berbasis Komputer Pokok Bahasan Fluida Statis yang telah dibuat dapat dikatakan baik.

Meskipun program media pembelajaran fisika berbasis komputer pokok bahasan fluida statis tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran guru, namun program media pembelajaran ini dapat membantu siswa untuk memahami materi tersebut dan secara mandiri siswa dapat memperdalam materi yang telah disampaikan guru di sekolah.

### Kesimpulan

Program Media Pembelajaran Fisika Berbasis Komputer Pokok Bahasan Fluida Statis, telah dibuat dan diujicobakan. Dari hasil uji coba secara umum menyatakan bahwa program sudah cukup bagus. 90% menyatakan program menarik karena tampilan media pembelajaran melalui komputer, lebih mudah mengingat karena adanya animasi, program dapat mempercepat pemahaman, dan dapat dipelajari sendiri. 100% menyatakan tidak ada kesulitan dalam membuka dan mengoperasikan program. Program media pembelajaran fisika ini dilengkapi dengan video serta animasi-animasi yang dapat memvisualisasikan pokok bahasan fluida statis. Program ini dapat dimanfaatkan oleh siswa sebagai persiapan sebelum diajarkan oleh guru, ataupun untuk pengetahuan setelah diajarkan di kelas. Program ini juga dapat dimanfaatkan oleh guru sebagai media pengajaran di kelas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli. (1998). FISIKA. Jakarta : Erlangga.  
 Kanginan,M. (2007). *Seribu Pena Fisika untuk SMA kelas XI*. Jakarta: Erlangga,  
 Kanginan,M. (2007). *Fisika untuk SMA kelas XI semester II*. Jakarta: Erlangga,

**PEMBUATAN PROGRAM SIMULASI NUCLEAR MAGNETIC  
RESONANCE (NMR) BERBASIS KOMPUTER SEBAGAI MEDIA  
PEMBELAJARAN FISIKA MODERN**

**Christian Kasih Anto, JV Djoko Wirjawan, Tjondro Indrasutanto**

**Prodi Pendidikan FISIKA  
FKIP UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** Pada tahun 1946, Felix Bloch dan Purcell mengemukakan teori bahwa inti atom bersifat sebagai magnet kecil, dan inti atom membuat spinning dan precessing. Dari hasil penemuan kedua orang diatas kemudian lahirlah alat Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectrokospi. Namun Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectrokospi masih sulit dijumpai dikarenakan negara kita belum bisa memproduksi alat sehingga harganya sangat mahal. Padahal alat eksperimen ini dapat membantu siswa mengerti tentang sifat – sifat inti atom dalam subpokok bahasan fisika modern. Dari kesulitan tersebut penelitian ini mendesain dan mengembangkan sebuah program simulasi eksperimen Nuclear Magnetic Resonance (NMR) yang dapat digunakan siswa untuk melakukan eksperimen secara virtual. Program simulasi ini didesain menyerupai Nuclear Magnetic Resonance (NMR) spektroskopi sebenarnya. Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah terciptanya sebuah program simulasi yang dapat digunakan untuk mensimulasikan Nuclear Magnetic Resonance (NMR) sesuai dengan alat eksperimen yang sebenarnya.

**Kata kunci:** media berbasis komputer, Nuclear, Spin, Resonance .

### **Pendahuluan**

Fisika modern berperan penting dalam kemajuan teknologi saat ini, salah satu produk teknologi adalah Magnetic Resonance Imaging (MRI) sebagai alat teknologi dibidang kesehatan. Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan pengembangan dari Nuclear Magnetic Resonance (NMR).

Dilain pihak Nuclear Magnetic Resonance (NMR) bermanfaat, banyak orang tidak mengetahuinya. Hal ini disebabkan kata nuclear sudah dipandang negatif, mengarah ke kata menakutkan. Sehingga banyak orang tidak mengenal Nuclear Magnetic Resonance (NMR). Bagi mahasiswa fisika, Nuclear Magnetic Resonance (NMR) dipelajari dalam fisika inti maupun fisika quantum. Tetapi kurang dapat dimengerti, karena tidak dapat mengetahui peristiwa berputarnya spin – spin electron yang disebabkan pengaruh medan luar.

Salah satu cara untuk memecahkan permasalahan tersebut adalah mendesign dan membuat program simulasi Nuclear Magnetic Resonance (NMR). Yang dapat memberikan gambaran peristiwa perputaran spin pada Nuclear Magnetic Resonance (NMR).

Berdasarkan uraian di atas akan diadakan penelitian dengan judul “Pembuatan Program Simulasi Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Berbasis Komputer sebagai Media Pembelajaran Fisika Modern”

### Kajian Pustaka

Di tahun 1924, Pauli menduga bahwa inti atom mempunyai sifat spin dan momen magnetic. Bila inti diletakan dalam medan magnet, tingkat-tingkat energinya akan terurai. Bloch dan Purcell menunjukkan bahwa inti mengabsorpsi radiasi elektromagnetik pada medan magnet yang lebih kuat karena tingkat energi menginduksi gaya magnet.

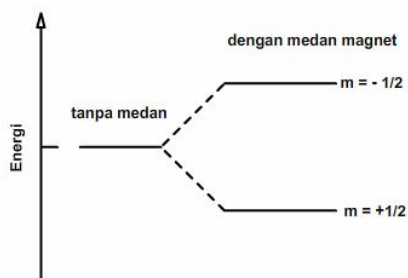
Nuclear Magnetic Resonance (NMR) spectroscopy, adalah eksperimen di inti atom bukan elektronnya. Partikel sub atom (elektron, proton dan neutron) dapat dibayangkan berputar (spin) pada porosnya. Dalam banyak atom (seperti  $^{12}\text{C}$ ) spin ini dipasangkan satu sama lain, sedemikian rupa sehingga inti atom memiliki spin total = 0.

Aturan untuk menentukan spin inti adalah sebagai berikut :

1. Jika jumlah neutron dan jumlah proton keduanya genap, maka inti tidak memiliki spin
2. Jika jumlah neutron ditambah jumlah proton adalah ganjil, maka inti memiliki spin setengah bilangan bulat ( $1/2$ ,  $3/2$ ,  $5/2$ )
3. Jika jumlah neutron dan jumlah proton keduanya ganjil, maka inti memiliki spin bilangan bulat (1, 2, 3)

Keseluruhan spin,  $l$ , adalah penting. Mekanika kuantum mengatakan bahwa spin  $l$  akan memiliki  $2l+1$  kemungkinan orientasi. Sebuah inti dengan spin  $1/2$  akan memiliki 2 kemungkinan orientasi. Tanpa medan magnet luar, orientasi ini memiliki energi yang sama. Jika medan diterapkan, maka tingkat energi terpecah. Setiap tingkat diberi nomor kuantum magnetik,  $m$ .

Tingkat energi inti dengan jumlah kuantum spin  $1/2$



Gambar 1 Tingkat energi inti dengan kuantum spin  $1/2$

Bila inti berada didalam medan magnet, populasi awal tingkat energi ditentukan oleh termodinamika, seperti yang digambarkan oleh distribusi Boltzmann. Hal ini sangat penting, dan itu berarti bahwa tingkat energi yang lebih rendah akan mengandung sedikit lebih inti dari tingkat yang lebih tinggi. Dimungkinkan untuk membuat inti ke tingkat yang lebih tinggi dengan radiasi

elektromagnetik. Frekuensi radiasi yang diperlukan ditentukan oleh perbedaan energi antara tingkat energi.

### Menghitung Energi Transisi

Inti memiliki muatan positif dan melakukan spin. Ini menghasilkan medan magnet kecil. Oleh karena itu inti memiliki sebuah momen magnetik,  $m$ , yang sebanding dengan spinnya,  $l$ .

$$\mu = \frac{\gamma I \hbar}{2 \pi}$$

Konstanta,  $\gamma$ , disebut rasio giromagnetik dan fundamental konstanta nuklir yang memiliki nilai berbeda untuk setiap inti. Konstanta Planck  $h$  adalah konstan.

Energi tingkat energi tertentu diberikan oleh;

$$E = - \frac{\gamma \hbar}{2 \pi} m B$$

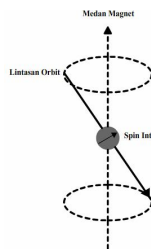
Dimana  $B$  adalah kekuatan medan magnet pada inti.

Perbedaan energi antara tingkat (transisi energi) dapat ditemukan dari

$$\Delta E = \frac{\gamma \hbar B}{2 \pi}$$

### Penyerapan Radiasi oleh Inti dalam Medan Magnet

Dalam hal ini, perilaku inti diambil dari pandangan klasik yaitu, perilaku dari partikel bermuatan dalam medan magnet.



Gambar 2 Lintasan orbit spin inti dalam medan magnet

Apabila sebuah inti (spin  $\frac{1}{2}$ ) di medan magnet. Inti ini berada di tingkat energi yang lebih rendah. Inti berputar pada porosnya. Dalam medan magnet, sumbu rotasi ini akan mengalami perpindahan di sekitar medan magnet. Frekuensi perpindahan disebut sebagai Larmor frekuensi, yang identik dengan frekuensi transisi.

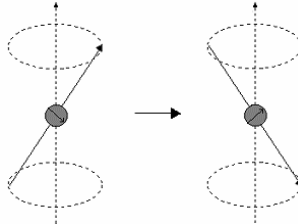
Energi potensial dari perpindahan inti diberikan oleh;

$$\vec{E} = - \vec{m} \vec{B} \cos \theta$$



Dimana  $\theta$  adalah sudut antara arah dari applied field dan sumbu putar inti.

Jika energi yang diserap oleh inti, maka sudut perpindahan,  $\theta$ , akan berubah. Untuk spin inti  $\frac{1}{2}$ , penyerapan radiasi “membalik” momen magnetik akan melawan applied field (keadaan energi yang lebih tinggi).



Gambar 3 Keadaan spin berputar arah

Penting disadari bahwa sebagian kecil dari “target” inti berada dalam keadaan energi yang lebih rendah (dan dapat menyerap radiasi). Ada kemungkinan bahwa dengan menarik inti ini, populasi yang lebih tinggi dan tingkat energi yang lebih rendah akan menjadi sama. Jika hal ini terjadi, maka tidak akan ada lagi penyerapan radiasi. Sistem spin jenuh. Kemungkinan kejenuhan berarti bahwa kita harus menyadari proses relaksasi inti yang kembali ke keadaan energi yang lebih rendah.

Bagaimana inti dalam keadaan energi yang lebih tinggi kembali ke keadaan yang lebih rendah? Emisi radiasi tidak signifikan karena probabilitas kembali emisi foton kubus bervariasi dengan frekuensi. Pada frekuensi radio, ulang emisi diabaikan. Kita harus fokus pada radiasi non-proses relaksasi (termodinamika).

Idealnya, NMR ingin relaksasi spektroskopis berkembang lebih cepat, tetapi tidak terlalu cepat. Jika tingkat relaksasi cepat, maka kejenuhan akan berkurang. Jika tingkat relaksasi terlalu cepat, garis perluasan dalam spektrum NMR resultan diamati.

Ada dua proses relaksasi utama;

1. Spin - kisi (longitudinal) relaksasi
2. Spin - spin (melintang) relaksasi

### Spin - kisi relaksasi

Inti dalam percobaan NMR berada dalam sampel. Sampel di mana nuklei diadakan disebut kisi. Inti dalam kisi berada dalam getaran dan gerak rotasi, yang menciptakan medan magnet yang kompleks. Medan magnet yang disebabkan oleh gerakan inti dalam kisi disebut *bidang kisi*. Bidang kisi ini memiliki banyak komponen. Beberapa komponen ini akan sama di frekuensi dan fase dengan frekuensi Larmor perubahan inti. Komponen ini dari bidang kisi dapat berinteraksi dengan inti dalam keadaan energi yang lebih tinggi, dan menyebabkan mereka kehilangan energi (kembali ke negara yang lebih rendah). Energi yang kehilangan inti meningkatkan jumlah getaran dan rotasi dalam kisi (yang mengakibatkan kenaikan kecil suhu sampel).

Waktu relaksasi,  $T_1$  (umur hidup rata-rata inti dalam keadaan energi yang lebih tinggi) adalah tergantung pada rasio giromagnetik inti dan mobilitas kisi. Sebagai mobilitas meningkat, frekuensi getaran dan rotasi meningkat, sehingga kemungkinan untuk sebuah komponen bidang kisi untuk dapat berinteraksi dengan bersemangat inti. Namun, pada mobilitas sangat tinggi, probabilitas dari sebuah komponen bidang kisi yang mampu berinteraksi dengan inti berkurang.

### **Spin - spin relaksasi**

Spin - spin relaksasi menggambarkan interaksi antara inti tetangga dengan frekuensi presesi identik tapi berbeda tingkat kuantum magnetik. Dalam situasi ini, inti dapat bertukar tingkat kuantum; sebuah inti di tingkat energi yang lebih rendah akan senang, sedangkan inti bersemangat relaksasi ke keadaan energi yang lebih rendah. Tidak ada perubahan total populasi tingkat energi, tapi umur hidup rata-rata inti dalam keadaan bereaksi akan berkurang. Hal ini dapat mengakibatkan garis perluasan.

### **Metode**

Pelaksanaan penelitian ini melalui 7 tahap :

1. Tahap pertama adalah kajian pustaka. Pada tahap ini penulis mencari informasi tentang eksperimen NMR baik dari buku, internet dan sumber – sumber lainnya.
2. Tahap kedua adalah merancang program simulasi. Pada tahap ini penulis melakukan sketsa rancangan alat, mendesain sedemikian rupa sehingga tampilannya menarik.
3. Tahap ketiga adalah pembuatan program simulasi. Pada tahap ini, penulis membuat program simulasi berdasarkan rancangan alat dengan menggunakan program macromedia flash.
4. Uji coba  
Media pembelajaran yang terbuat dalam bentuk CD akan diujicobakan melalui tiga tahap :
  - a. Tahap pertama akan diperiksa oleh para ahli fisika dan ahli program.
  - b. Tahap kedua akan diujicobakan pada beberapa mahasiswa PSP Fisika Unika Widya Mandala Surabaya.Tujuannya adalah untuk mendapatkan masukan tentang tampilan, kemudahan pengoperasian, serta saran – saran perbaikan program.
5. Perbaikan  
Jika pada saat uji coba dirasa tidak perlu diadakan perbaikan maka pembuatan program simulasi selesai. Tetapi jika perlu diadakan perbaikan maka akan dilakukan revisi program.

### **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Sesuai dengan tujuan penelitian/pengembangan, hasil pengembangan ini berupa Compact Disk (CD) pembelajaran yang diberi judul “Pembuatan Program Simulasi Nuclear Magnetic Resonance (Nmr) Berbasis Komputer Sebagai Media Pembelajaran Fisika Modern”. Program simulasi Nuclear Magnetic Resonance

(NMR) dibuat berdasarkan pada tabel hasil percobaan dan dirancang hingga memudahkan pengguna program dalam memahami tentang Nuclear Magnetic Resonance serta peristiwa – peristiwa yang terjadi didalamnya.

Fenomena dari Nuclear Magnetic Resonance

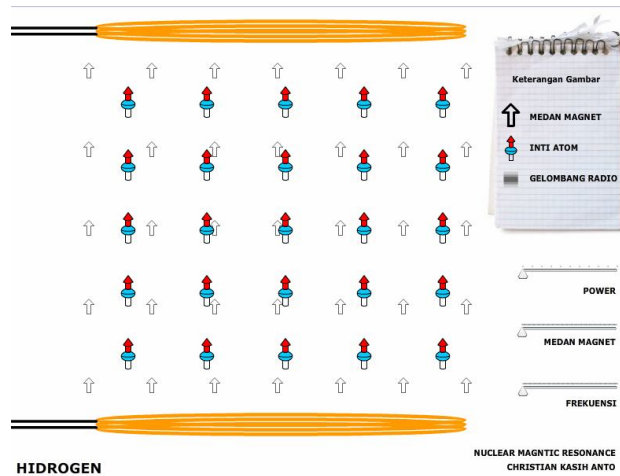
Tabel konstanta NMR untuk beberapa inti atom yang digunakan oleh Nuclear Magnetic Resonance

Element	Spin	Gyromagnetic ratio ( $\text{s}^{-1}\text{T}^{-1}$ )	Natural abundance (%)	Resonance frequency $\nu = \omega/2\pi$ (MHz) at 1 Tesla
$^1\text{H}$	$\frac{1}{2}$	$2.675 \times 10^8$	99.98	42.573
$^{13}\text{C}$	$\frac{1}{2}$	$6.726 \times 10^7$	1.11	10.705
$^{19}\text{F}$	$\frac{1}{2}$	$2.517 \times 10^8$	100	40.052
$^{23}\text{Na}$	$\frac{3}{2}$	$7.077 \times 10^7$	100	11.263
$^{31}\text{P}$	$\frac{1}{2}$	$1.083 \times 10^8$	100	17.237

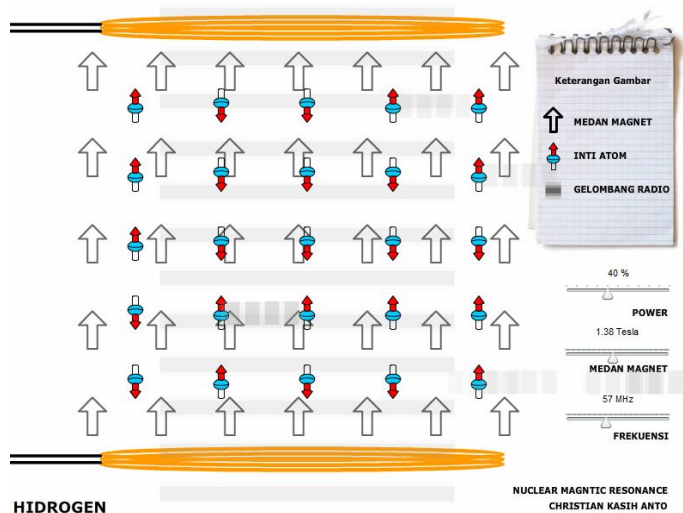
Tampilan Program Simulasi



Gambar 4 Menu pembuka program



Gambar 5 Tampilan program simulasi



Gambar 6 Tampilan program simulasi saat dijalankan

### Kesimpulan dan Saran

Program Simulasi Nuclear Magnetic Resonance (NMR) sebagai Media Pembelajaran Fisika Modern, telah dibuat dan diujicobakan melalui dua tahap. Tahap pertama telah diperiksa oleh dosen sebagai uji ahli dan tahap kedua di ujikan kepada beberapa mahasiswa. Hasil dari uji coba secara umum mengatakan program cukup bagus, mahasiswa dapat gambaran tentang peristiwa dalam Nuclear Magnetic Resonance.

## DAFTAR PUSTAKA

- Prasetyo, Fransiskus Hadi. 2005. *Pembuatan Program Simulasi Eksperimen Efek Fotolistrik sebagai Media Pembelajaran Fisika Modern*. Skripsi Mahasiswa Fisika.
- Luwu, Ignatio Brigitta Susanti. 2008. *Media Pembelajaran Fisika Berbasis Komputer Sub Pokok Bahasan Superposisi Gelombang*. Skripsi Mahasiswa Fisika.
- Beiser, Arthur. 1997. *Concepts of Modern Physics*. New Delhi. Tata McGraw-Hill. Publishing Company Ltd.
- Sears, F.W, Zemansky M.W, and Young H.D. 1990. *College Physics Seventh Edition*. New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Teltron Limited. 1997. *The Properties and Uses Of Electron and Proton Spin Resonance*.
- Gautreau, Ronald & William Savin. 1995. *Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Tipler, Paul A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Adobe\\_Flash](http://id.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash)
- <http://phet.colorado.edu/en/simulation/mri>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_magnetic\\_resonance](http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_magnetic_resonance)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_magnetic\\_resonance\\_spectroscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_magnetic_resonance_spectroscopy)
- [www.chem-is-try.org/...nmr/apakah\\_yang\\_dimaksud\\_dengan\\_resonansi\\_magnetik\\_inti\\_nmr/](http://www.chem-is-try.org/...nmr/apakah_yang_dimaksud_dengan_resonansi_magnetik_inti_nmr/)
- <http://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/molspec/nmr1.htm>
- <http://www.youtube.com/watch?v=uNM801B9Y84>

## **PEMBUATAN KOMIK USAHA DAN ENERGI SEBAGAI MEDIA PENDAMPING DALAM PEMBELAJARAN FISIKA DI SMP**

**Ika Kumala Sari, Herwinarso, Tjondro Indrasutanto  
Prodi Pendidikan Fisika  
FKIP UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** Pelajaran Sain sudah diberikan sejak Sekolah Dasar (SD). Siswa mulai mengenal arti Fisika pada Sekolah Menengah Pertama (SMP). Penyajian buku-buku pelajaran yang tebal dan berisi deretan kalimat, membuat siswa malas dan bosan untuk membacanya. Sehingga diperlukan media pembelajaran yang tidak membosankan dengan deretan kalimat.

Berdasarkan observasi dan cerita guru SMPN I Kwadungan Ngawi, dengan kondisi sekolah yang berada di desa, kurangnya fasilitas, dan tidak adanya media pembelajaran sehingga guru selalu menerangkan dengan metode ceramah. Guru Fisika di SMPN I Kwadungan ingin mencari media pembelajaran yang dapat menarik minat siswa.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis merancang suatu media pendamping yang menggabungkan antara Fisika dengan komik. Dalam makalah ini, diambil materi Usaha dan Energi di SMP. Hasilnya adalah komik yang berjudul Usaha dan Energi yang menceritakan contoh-contoh Usaha dan Energi dalam kehidupan sehari-hari.

**Kata kunci:** Media Pendamping, Komik.

### **Pendahuluan**

Pelajaran Sains sudah diberikan sejak Sekolah Dasar (SD). Siswa mulai mengenal arti Fisika pada Sekolah Menengah Pertama (SMP), sehingga kemungkinan adanya kesulitan yang dialami siswa dalam mengikuti pelajaran Fisika cukup besar. Untuk mengurangi kesulitan yang dihadapi siswa, guru dapat menggunakan metode dan media pembelajaran dalam proses belajar-mengajar. Di lain pihak, komik banyak disukai oleh anak-anak maupun orang dewasa, sehingga mampu membuat pembacanya mengingat-ingat semua cerita yang pernah dibacanya. Dengan demikian komik dapat dijadikan sebagai media pendamping yang sangat efektif dan diminati siswa dengan gambar dan bahasa sehari-hari. Yohanes Surya menyatakan bahwa sebenarnya belajar dapat dibuat menyenangkan dengan menggunakan media pembelajaran, salah satunya adalah komik. Beberapa temuan empiris Mariyanah (2005), Rahman (2005), Dedy Nugraha (2008), Prindani (2009) meneliti komik sebagai media pembelajaran yang baik dalam proses belajar-mengajar.

### **Kajian Pustaka**

## **Media Pengajaran**

Untuk mengetahui pengertian pembelajaran, maka lebih baik kita telusuri dahulu tentang media. Kata *media* berasal dari bahasa latin *medius* yang secara harifah berarti 'tengah', 'perantara', 'pengantar'. Dalam bahasa Arab, media adalah perantara atau pengantar pesan dari pengirim kepada penerima pesan. (Arsyad, 2010)

Setelah mengetahui tentang media, sekarang kita akan memahami pengertian media pengajaran. Media pengajaran menurut Arsyad (2010) adalah media yang membawa pesan-pesan atau informasi yang bertujuan instruksional atau mengandung maksud-maksud pengajaran.

## **Media Visual**

Media visual adalah media yang melibatkan indera penglihatan. Media visual memegang peranan penting dalam proses belajar-mengajar.

## **Media Komik (cerita bergambar)**

Menurut Shadely dalam Mariyannah (2005) mengartikan media komik sebagai berikut: Komik berbentuk rangkain gambar-gambar yang berada dalam kotak yang keseluruhannya merupakan rentetan suatu cerita. Gambar-gambar itu dilengkapi balon-balon kata.

## **Bentuk Media Komik**

Menurut Trimo dalam Mariyannah (2005) media komik dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Komik Strip  
Adalah suatu bentuk komik yang terdiri dari beberapa lembar bingkai kolom yang dimuat dalam suatu harian atau majalah, biasanya disambung ceritanya.
- b. Buku komik  
Yang dimaksud buku komik adalah komik yang berbentuk buku.

## **Kelebihan Media Komik**

Menurut Trimo dalam Mariyannah (2005) kelebihan adalah:

- a. Komik menambah pembendaharaan kata-kata pembacanya.
- b. Mempermudah siswa menangkap hal-hal atau rumusan yang abstrak.
- c. Dapat mengembangkan minat baca anak dan salah satu bidang studi yang lain.
- d. Seluruh jalan cerita komik menuju satu hal yakni kebaikan.

## **Kelemahan Media Komik**

Media komik juga memiliki kelemahan dan keterbatasan dalam hal-hal tertentu. Menurut Trimo dalam Mariyannah (2005) kelemahannya antara lain:

- a. Kemudahan orang membaca komik membuat malas membaca sehingga menyebabkan penolakan-penolakan atas buku-buku yang tidak bergambar.
- b. Ditinjau dari segi bahasa komik hanya menggunakan kata-kata kotor ataupun kalimat-kalimat yang kurang dapat dipertanggungjawabkan.
- c. Banyak aksi-aksi yang menonjolkan kekerasan ataupun tingkah laku yang sinting.
- d. Banyak adegan percintaan yang menonjol.

Media komik dalam penelitian ini tidak menggunakan kata-kata kotor tetapi menggunakan kata-kata yang digunakan setiap hari yang mengarah pada tujuan cerita yang ingin dicapai. Gambar-gambar kekerasan diganti dengan contoh-contoh kegiatan dalam kehidupan sehari-hari siswa. Adegan percintaan diganti dengan adegan mengarahkan rasa cinta dan kasih sayang terhadap teman dan sesama makhluk dan penciptanya.

### **Peran Media Komik dalam Pengajaran**

Menurut Sudjana dan Rivai dalam Mariyanah (2005) menyatakan media komik dalam proses belajar mengajar menciptakan minat siswa, mengefektifkan proses belajar mengajar, dapat meningkatkan minat belajar dan menimbulkan minat apresiasinya.

### **Usaha dan Energi**

Materi yang akan dibuat komik adalah pokok bahasan Usaha dan Energi untuk siswa SMP yang meliputi

### **Metode**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan, dengan bagan penelitian seperti yang ditunjukkan di bawah ini.





## **Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian berupa komik Usaha dan Energi sebagai media pendamping. Secara garis besar isi komik Usaha dan Energi meliputi:

1. Tokoh: terdapat dua tokoh yang terdapat pada komik yaitu Jojo dan Alex. Mereka berteman karena satu kelas, tempat duduknya berdekatan dan rumahnya berdekatan. Karakter dari Jojo, dia anak yang pintar dan cepat memahami materi pelajaran yang diberikan oleh guru. Sedangkan karakter dari Alex, dia anak yang periang dan sedikit lambat memahami materi pelajaran yang diberikan oleh guru.



*Gambar 1. Tokoh pada Komik Usaha dan Energi*

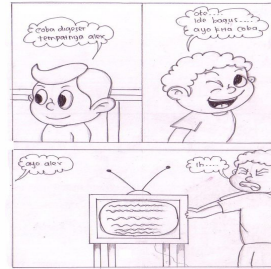
2. Cerita: terdapat dua cerita pada komik Usaha dan Energi.

### **Usaha**

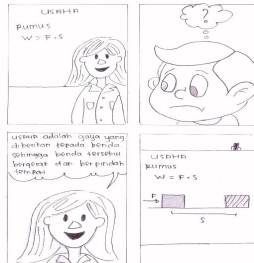
Hari itu di kelas Jojo dan Alex sedang berlangsung pelajaran Fisika. Ibu guru menerangkan tentang pengertian Usaha. Jojo bertanya kepada Ibu guru tentang contoh-contoh usaha. Karena jam pelajaran sudah selesai maka pertanyaan Jojo dijadikan pekerjaan rumah (PR). Setelah pulang sekolah, sore harinya Jojo pergi kerumah Alex. Di jalan Jojo berpapasan dengan tukang sayur. Jojo kaget dengan tukang sayur yang berjualan di sore hari. Setelah sampai di rumah Alex, ternyata Alex sedang bingung karena tvnya error, kesemutan dan tidak ada gambarnya. Jojo berinisiatif untuk memindah tempat tv dan mendorongnya. Setelah itu Jojo dan Alex ngobrol membahas masalah pekerjaan rumah yang diberikan Ibu guru mengenai contoh-contoh usaha dalam kehidupan sehari-hari. Jojo dan Alex saling bertukar pendapat, mereka berusaha memahami pengertian dari usaha terlebih dahulu baru mengaplikasikan pada kegiatan sehari-hari. Jojo dan Alex menemukan contoh-contoh usaha dan kehidupan sehari-hari seperti mendorong tv, tukang sayur dan tukang bakso yang mendorong gerobaknya. Keesokan hari pada jam pelajaran Fisika, ibu guru menanyakan tentang PR kemarin. Jojo membacakan PRnya dan ibu guru menjelaskan contoh-contoh yang disebutkan Jojo dengan pengertian Usaha. Ibu guru juga menjelaskan contoh-contoh yang tidak termasuk Usaha.



Gambar 2. sampul untuk cerita usaha



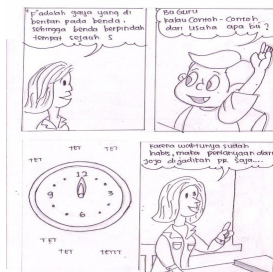
Gambar 6. Alex yang sedang mendorong TV



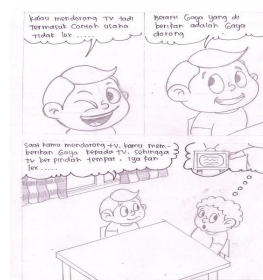
Gambar 3. Suasana kelas saat guru menerangkan pengertian Usaha



Gambar 7. Jojo dan Alex yang membahas PR dari guru fisika



Gambar 4. suasana di kelas Jojo dan Alex



Gambar 8. Jojo dan Alex membahas tentang contoh-contoh usaha



Gambar 5. Jojo yang bertemu dengan tukang kayu



Gambar 9. suasana di kelas saat membahas PR fisika



Gambar 1.0 Ibu Guru yang sedang menjelaskan contoh-contoh Usaha

## Energi

Hari itu Jojo dan Alex berjalan bersama, Alex membahas kepingan yang berjalan mundur. Besoknya dalam perjalanan kerumah Jojo, Alex berpapasan dengan mobil yang ngebut. Setelah sampai di rumah Jojo, ternyata Jojo sedang membaca buku di kamar. Cuaca hari itu panas, Alex merasa kepanasan dan ingin menyalakan kipas angin tetapi listrik sedang mati. Jojo dan Alex merasa energi mulai habis dan harus dihemat, karena energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan. Akhirnya Jojo dan Alex membahas contoh-contoh energi yang ada disekitar mereka. Saat Alex pulang dari rumah Jojo, dalam perjalanan kepala Alex kejatuhan bola tepat dikepalanya. Alex sangat marah dan jengkel. Keesokan harinya, Jojo dan Alex di kelas pada jam pelajaran Fisika, Ibu guru menjelaskan tentang Energi, Energi potensial dan Energi kinetik beserta contoh-contohnya. Alex merasa kesal, karena kemarin seharian dia mendapat dampak dari energi kinetik dan potensial. Yaitu waktu di jalan Alex berpapasan dengan mobil yang berjalan kencang sampai Alex mau terbang dan kepalanya kejatuhan bola dari atas.



Gambar 11. Sampul untuk cerita Energi



Gambar 12. Alex dan Jojo yang membahas tentang kepingan yang berjalan mundur



*Gambar 13. Alex yang sedang berpapasan dengan mobil di jalan*



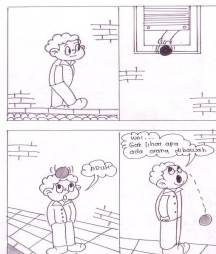
*Gambar 14. Jojo dan Alex yang sedang membahas tentang menghemat energi*



*Gambar 15. Alex yang sedang memikirkan dampak jika energi makin lama makin habis*



*Gambar 16. Jojo dan Alex yang sedang menyebutkan contoh-contoh energi*



*Gambar 17. Alex yang kejatuhan bola dari atas.*



*Gambar 18. suasana kelas waktu Ibu Guru menjelaskan tentang energi*



*Gambar 19 Ibu Guru yang sedang menjelaskan tentang energi potensial*



*Gambar 20 percakapan antara Jojo dan Alex di kelas*

Angket ujicoba komik usaha dan energi kepada siswa SMPN I Kwadungan Ngawi, dan Data yang diperoleh dari angket tersebut dirangkum seperti pada tabel di bawah ini.

**Tabel 1. Data angket dari 30 siswa**

No	Pernyataan	Pilihan			
		SS	S	TS	STS
1	Bahasanya mudah dimengerti	12	18	-	-
2	Jalan ceritanya mudah dipahami	5	25	-	-
3	Tampilanya menarik	11	16	3	-
4	Dapat membantu pemahaman materi Usaha dan Energi	18	12	-	-
5	Mempermudah belajar Fisika	16	14	-	-
6	Mengasyikan dengan adanya komik	12	18	-	-
7	Cerita sesuai dengan judul	16	14	-	-
8	Gambarnya sesuai dengan alur cerita	7	23	-	-
9	Dapat digunakan sebagai sarana pengayakan	9	18	2	1
10	Media ini menambah kebingungan	4	1	16	9

**Tabel 2. Data Angket dari 30 Siswa dalam Persen**

No	Pernyataan	Pilihan			
		SS	S	TS	STS
1	Bahasanya mudah dimengerti	40	60	-	-
2	Jalan ceritanya mudah dipahami	17	83	-	-
3	Tampilanya menarik	37	53	10	-
4	Dapat membantu pemahaman materi Usaha dan Energi	60	40	-	-
5	Mempermudah belajar Fisika	53	47	-	-
6	Mengasyikan dengan adanya komik	40	60	-	-
7	Cerita sesuai dengan judul	53	47	-	-
8	Gambarnya sesuai dengan alur cerita	23	77	-	-
9	Dapat digunakan sebagai sarana pengayakan	30	60	7	3
10	Media ini menambah kebingungan	13	3	53	30

Sumber: Tabel 1

**Tabel 3. Data Angket dari 30 Siswa dalam Persen setelah dirangkum menjadi dua kolom pilihan (SS + S dan TS + STS)**

No	Pernyataan	Pilihan dalam persen	
		SS +S	TS + STS
1	Bahasanya mudah dimengerti	100	-
2	Jalan ceritanya mudah dipahami	100	-
3	Tampilanya menarik	90	10
4	Dapat membantu pemahaman materi Usaha dan Energi	100	-
5	Mempermudah belajar Fisika	100	-
6	Mengasyikan dengan adanya komik	100	-
7	Cerita sesuai dengan judul	100	-
8	Gambarnya sesuai dengan alur cerita	100	-
9	Dapat digunakan sebagai sarana pengayaan	90	10
10	Media ini menambah kebingungan	17	83

Sumber: Tabel 2

Dari tabel 1 pilihan sangat setuju (SS) atau setuju (S) pada pernyataan no. 1-9 berjumlah 264, sedangkan pada pernyataan no 10 berjumlah 5. Pilihan tidak setuju (TS) atau sangat tidak setuju (STS) pada pernyataan no. 1-9 berjumlah 6, sedangkan pada pernyataan no. 10 berjumlah 25. Secara matematis dituliskan:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Untuk pernyataan no. 1-9: SS + S} & = & 264 \\
 & \text{TS + STS} & = 5 \\
 \text{Untuk pernyataan no. 10: SS + S} & = & 6 \\
 & \text{TS + STS} & = 25 + \\
 \hline
 \text{Jumlah :} & & 300
 \end{array}$$

Yang mengidentifikasi komik Usaha dan Energi ini baik atau tidak adalah peserta quisoner memilih SS atau S pada pernyataan no. 1-9 dan memilih TS atau STS pada no. 10. Dari data yang diperoleh presentase yang mengidentifikasi program ini baik =  $((264 + 25)/300) \times 100\% = 96\%$ . Dengan demikian, komik Usaha dan Energi sebagai media pendamping dalam pelajaran Fisika di SMP yang telah dibuat dapat dikatakan baik.

### Kesimpulan dan Saran

Komik Usaha dan Energi Sebagai Media Pendamping dalam Pembelajaran Fisika di SMP, telah dibuat dan diujicobakan pada siswa SMP melalui angket dan diperoleh data 96% siswa menyukai dengan adanya komik tentang Fisika.

Dari hasil ujicoba tersebut secara umum dapat dikatakan bahwa komik Usaha dan Energi sudah cukup bagus. Dengan demikian media pendamping ini bisa dimanfaatkan oleh guru untuk menarik minat siswa belajar Fisika.

Guru diharapkan dapat memanfaatkan komik ini sebagai media pendamping, terutama dalam menjelaskan materi usaha dan energi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Arysad, Azhar. 2003. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Press.
- Kanginan, Marthen. 2004. *Fisika 2A untuk SMA kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, Marthen. 2007. *IPA FISIKA untuk SMP kelas VII*. Jakarta: Erlangga.
- Mariyanah, Nur. 2005. *Efektivitas Media Komik dengan Media Gambar dalam Pembelajaran Geografi Pokok Bahasan Perhubungan dan Pengangkutan*. Semarang: UNNES.
- Munadi, Yudhi. 2008. *Media Pembelajaran*. Ciputat: Gaung Persada (GP) Press.
- Prasetyo, Aris “@YIES”. 2009. *Teknik Menggambar Kartun Cepat dan Mudah*. Pandaan: Wacana Intelektual.
- Prasodjo, Budi. dkk. 2006. *Teori dan Aplikasi Fisika SMP kelas VIII*. Bogor: Yudhistira.
- Siswanto. & Sukaryadi. 2009. *Kompetensi Fisika untuk SMA/MA kelas XI*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Widharwanti, Silvana Ratri. 2003. *Perancangan Media Cerita Bergambar Mengenai Tegangan Permukaan dan Kapilaritas dalam Komputer Berbasis Macro Media Flash 5.0*. Surabaya: Widya Mandala.
- <http://digilib.unnes.ac.id/gsd/collect/skripsi/archives/HASH01b2/0a21b10d.dir/doc.pdf>, diakses 16 Juni 2010, 1:05 PM)

**PENDAYAGUNAAN BAHASA INGGRIS DALAM  
PENGAJARAN FISIKA UNTUK SEKOLAH MENENGAH  
POKOK BAHASAN MEKANIKA**

**Setiawan Pahlevi Angriawan, dkk**

**Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
UNIKU WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstrak.** Pendidikan di Indonesia tampaknya masih jauh tertinggal jika dibandingkan dengan pendidikan di negara tetangga, misalnya di Malaysia, Filipina dan Singapura. Oleh karena itu Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas) memberlakukan kurikulum 2004 untuk Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, dan Sekolah Menengah Atas sejak tahun ajaran 2004/2005. Kurikulum 2004 mempunyai visi dan misi pendidikan yang berbeda dengan kurikulum 1994 yang selama ini berlaku, sehingga sekolah merasa perlu adanya perubahan untuk meningkatkan kualitas lulusannya. Guru merupakan pemegang kendali edukatif sehingga guru harus memiliki kemampuan yang lebih dalam proses belajar mengajar, yaitu penguasaan bahasa Inggris sebagai bahasa pengantar. Salah satu bukti pengajaran Fisika dengan menggunakan bahasa Inggris diperlukan adalah dengan adanya prestasi dalam bidang Fisika di tingkat internasional telah ditorehkan oleh seorang pelajar sekolah menengah pada pokok bahasan mekanika. Setelah dilakukan penelitian di SMA YPPI 1 dan dianalisis dengan menggunakan uji  $t$  dengan taraf signifikan 5% dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara peningkatan prestasi belajar siswa pada kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris dengan kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan bilingual (Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia), yaitu peningkatan prestasi belajar siswa pada kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris lebih baik dari kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan bilingual (Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia).

**Kata Kunci:** Fisika, Bahasa Inggris, Mekanika

### **Pendahuluan**

Pendidikan di Indonesia tampaknya masih jauh tertinggal jika dibandingkan dengan pendidikan di negara tetangga, misalnya di Malaysia, Filipina dan Singapura. Oleh karena itu Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas) memberlakukan kurikulum 2004 untuk Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, dan Sekolah Menengah Atas sejak tahun ajaran 2004/2005. Kurikulum 2004 mempunyai visi dan misi pendidikan yang berbeda dengan kurikulum 1994 yang selama ini berlaku, sehingga sekolah merasa perlu adanya perubahan untuk meningkatkan kualitas lulusannya. Hal tersebut tidak lepas dari peranan guru dalam proses belajar mengajar yang dapat meningkatkan prestasi belajar siswa. Ini berarti guru merupakan pemegang kendali edukatif sehingga



guru harus memiliki kemampuan yang lebih dalam proses belajar mengajar, yaitu penguasaan bahasa Inggris sebagai bahasa pengantar. Demikian halnya dengan pelajaran Fisika yang selama ini menggunakan bahasa Indonesia, dimana bahasa Inggris seharusnya sudah digunakan di sekolah menengah.

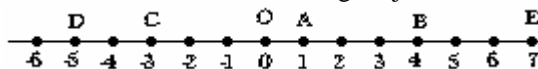
Salah satu bukti pengajaran Fisika dengan menggunakan bahasa Inggris diperlukan adalah dengan adanya prestasi dalam bidang Fisika di tingkat internasional telah ditorehkan oleh seorang pelajar sekolah menengah pada pokok bahasan mekanika. Berdasarkan uraian diatas dipandang perlu melakukan penelitian yang intinya mengajar Fisika menggunakan bahasa Inggris pada pelajar sekolah menengah.

### Kajian Pustaka

Gerak merupakan salah satu pokok bahasan yang sangat penting bagi pembahasan konsep fisika yang lain. Ilmu yang mempelajari gerak tanpa mempedulikan penyebab gerak sebagai timbulnya gerak adalah kinematika, sedangkan ilmu yang mempelajari gerak dengan melibatkan gaya sebagai penyebab perubahan gerak disebut dinamika. Benda dikatakan bergerak terhadap benda lain, jika jarak benda itu berubah terhadap benda lain. Gerak lurus adalah gerak yang lintasannya berupa garis lurus.

Konsep kedudukan berbeda dengan konsep perpindahan. Kedudukan suatu benda ditentukan oleh besar dan arah, sehingga kedudukan termasuk besaran vector. Perpindahan merupakan perubahan kedudukan suatu benda karena adanya perubahan waktu. Perpindahan hanya bergantung pada kedudukan awal dan kedudukan akhir dan tidak bergantung pada jalan yang ditempuh oleh benda.

Kedudukan suatu benda dapat dinyatakan terhadap suatu titik sembarang yang kita sebut titik acuan. Umumnya kedudukan diberi tanda positif (+) jika berada di kanan titik acuan dan diberi tanda negatif jika berada di kiri titik acuan.



Pada gambar di atas kedudukan di titik A, B, C, D dan E berada pada lintasan lurus pada sumbu x. Di sini dipakai titik O sebagai titik acuan. Sebagai contoh kedudukan titik A dinyatakan dengan  $x_A = +2$  dan kedudukan titik D dinyatakan dengan  $x_D = -5$ .

Suatu benda berpindah dari A ke B, lintasan jalan yang ditempuh dapat juga dilakukan dari A ke E kemudian ke B. Kedua jalan itu menghasilkan perpindahan yang sama. Misalnya suatu benda berpindah dari kedudukan  $x_1$  ke kedudukan  $x_2$  maka perpindahannya ( $x_{12}$ ) dirumuskan sebagai:

$$x_{12} = x_2 - x_1$$

Jarak adalah panjang lintasan sebenarnya yang ditempuh oleh suatu benda dalam waktu tertentu. Jarak tidak bergantung pada arah, sehingga jarak merupakan besaran skalar. Dengan demikian jarak selalu memiliki tanda positif (+). Perpindahan adalah perubahan kedudukan suatu benda dalam waktu tertentu. Perpindahan dari B ke E berlawanan dengan perpindahan dari E ke B. Perpindahan merupakan besaran vektor, karena bergantung pada arah. Dengan demikian perpindahan dapat memiliki tanda positif atau negatif. Perpindahan

bertanda positif jika arah perpindahan ke kanan dan bertanda negatif jika arah perpindahan ke kiri.

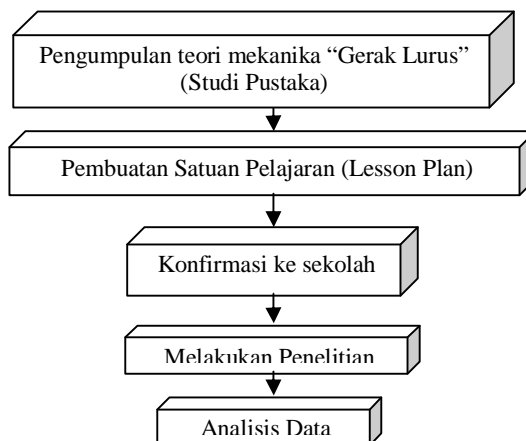
Kelajuan dan kecepatan dalam Fisika memiliki arti yang berbeda. Jika kita katakan sebuah kendaraan bergerak dengan 80 km/jam, maka yang dimaksud di sini adalah kelajuan. Akan tetapi jika kita katakan sebuah kendaraan bergerak 80 km/jam, ke utara maka yang kita maksudkan disini adalah kecepatan. Jadi kecepatan merupakan besaran vector, sehingga dapat bernilai positif atau negatif. Dengan kata lain kecepatan adalah kelajuan dengan arah gerakannya dinyatakan sedangkan kelajuan merupakan besaran skalar dan selalu bernilai positif. Alat untuk mengukur kelajuan kendaraan (motor atau mobil) adalah *speedometer*.

Kelajuan rata-rata didefinisikan sebagai hasil bagi jarak total yang ditempuh dengan waktu tempuhnya. Kelajuan rata-rata merupakan besaran skalar sehingga tidak bergantung pada arah. Kecepatan rata-rata adalah hasil bagi perpindahan dan selang waktu. Kecepatan rata-rata termasuk besaran vektor.

Pada kendaraan bermotor, laju sesaat kendaraan ditunjukkan oleh alat penunjuk laju yang disebut *speedometer*. Kecepatan sesaat merupakan menentukan kecepatan sebuah benda pada satu titik tertentu. Kelajuan sesaat mempunyai persamaan yang sama dengan kecepatan sesaat, yaitu dengan mengambil harga  $\Delta t$  menuju atau mendekati nol. Bedanya adalah kelajuan sesaat merupakan besaran skalar sedangkan kecepatan sesaat merupakan besaran vektor.

## Metode

Metode yang digunakan adalah *non-probability sampling* dimana sampling yang diambil dengan sengaja dan yang terpilih adalah kelas XI IPA 1 dan XI IPA 3. Pengambilan kelas dilakukan secara sengaja karena kedua kelas tersebut mempunyai tingkat kemampuan yang sama dan merupakan rekomendasi dari guru Fisika sekolah tersebut. Rancangan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Persiapan penelitian ini dilakukan di laboratorium multimedia PSP Fisika FKIP Unika Widya Mandala Surabaya. Pengambilan data dilakukan di SMA YPPI I Surabaya. Instrumen pengumpulan data adalah kuesioner yang berisi pernyataan–pernyataan tentang manfaat yang diperoleh dari penelitian ini dan skor test hasil belajar siswa.

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil dari Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) ini berupa skor *pre-test*, skor *post-test*, respon dari siswa SMA YPPI I Surabaya tentang penelitian ini. Tim peneliti melakukan pengajaran Fisika dengan menggunakan bahasa pengantar Bahasa Inggris pada pokok bahasan “Gerak Lurus” dan didapatkan data sebagai berikut:

*Tabel 1.*  
*Nilai Pre Test dan Post Test*  
*pada kelas Bahasa Inggris dan kelas Bilingual*

No.	Pre Test (T <sub>1</sub> )	Post Test (T <sub>2</sub> )	$x = T_1 - T_2$	No.	Pre Test (T <sub>1</sub> )	Post Test (T <sub>2</sub> )	$x = T_1 - T_2$
1	15	67,5	52,5	1	6	18	12
2	6	25,5	19,5	2	3	36	33
3	6	25,5	19,5	3	22,5	48	25,5
4	6	8	2	4	33	95	62
5	33	100	67	5	9	36	27
6	100	100	0	6	13	0	-13
7	18	37,5	19,5	7	4	15	11
8	9	30	21	8	8,5	45	36,5
9	18	82,5	64,5	9	15	45	30
10	6	8	2	10	3	33	30
11	33	77,5	44,5	11	7	47,5	40,5
12	100	100	0	12	6	58	52
13	18	100	82	13	3	6	3
14	100	85	-15	14	13	43	30
15	18	37,5	19,5	15	14	73	59
16	100	100	0	16	28	20,5	-7,5
17	6	25,5	19,5	17	22,5	50,5	28
18	48	100	52	18	60	75,5	15,5
19	60	90	30	19	3	20,5	17,5
20	45	100	55	20	16	21	5
21	23	52,5	29,5	21	6	9	3
22	6	30	24	22	6	15	9

23	33	100	67	23	7	15	8
24	21	35,5	14,5	24	21	50,5	29,5
25	60	100	40	25	6	33	27
26	30	85	55	26	3	30	27
27	33	67,5	34,5	27	6	9	3
28	9	49	40	28	30	55	25
Rata-rata			30,696	29	3	15	12
				Rata-rata			22,086

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 1, kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan uji t terhadap peningkatan hasil skor pada masing-masing kelas. Hasil analisis disajikan pada tabel 2 berikut ini:

*Tabel 2 Analis Data Peningkatan Skor Test*

Kelas	Rata-rata ( $\bar{x}$ )	Standard Deviasi (SD)	t hitung ( $t_h$ )	t tabel ( $t_{0,05;55}$ )
Kelas Bahasa Inggris	22,618	25,167	1,331	2,02
Kelas Bilingual	16,013	18,278		

Karena  $t_h > t_{\text{tabel}}$  dan dengan taraf signifikan 5% dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara peningkatan prestasi belajar siswa pada kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris dengan kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan bilingual (Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia), yaitu peningkatan prestasi belajar siswa pada kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris lebih baik dari kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan bilingual (Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia). Dari data kuesioner yang didapat dapat dinyatakan sebagai berikut:

- Pengajaran fisika seperti ini agar sering dilakukan  
 Respon positif : 68,96 %  
 Respon negatif : 31,04 %
- Pengajaran fisika seperti ini sangat menyenangkan  
 Respon positif : 56,89 %  
 Respon negatif : 43,11 %
- Materi yang diajarkan terasa semakin mudah dipahami  
 Respon positif : 27,58 %  
 Respon negatif : 72,42 %
- Penjelasan guru semakin sulit dipahami  
 Respon positif : 60,34 %  
 Respon negatif : 39,66 %
- Pengajaran jadi bervariasi dan tidak membosankan  
 Respon positif : 77,58 %

- Respon negatif : 22,42 %
- 6. Saya menjadi aktif dalam pelajaran ini
  - Respon positif : 55,17 %
  - Respon negatif : 44,87 %
- 7. Bahasa yang digunakan untuk pengajaran ini membantu pemahaman saya
  - Respon positif : 39,65 %
  - Respon negatif : 60,35 %

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penelitian pokok bahasan mekanika “Gerak Lurus” yang dibahas oleh Tim PKM Penelitian di SMA YPPI I Surabaya:

1. Siswa berpendapat bahwa pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris agar sering dilakukan.
2. Siswa berpendapat bahwa pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris sangat menyenangkan.
3. Siswa berpendapat bahwa materi Fisika yang diajarkan semakin sulit dipahami.
4. Siswa berpendapat bahwa penjelasan dari tutor semakin sulit dipahami.
5. Siswa berpendapat bahwa pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris menjadi bervariasi dan tidak membosankan.
6. Siswa menjadi lebih aktif dalam pengajaran Fisika menggunakan Bahasa Inggris.
7. Siswa berpendapat bahwa bahasa pengantar yang digunakan tidak dapat membantu siswa dalam memahami materi yang diajarkan.

### **Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan yang diperoleh dari kegiatan ini adalah peningkatan prestasi belajar siswa SMA YPPI I Surabaya pada kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris lebih baik dari kelas yang diberi pengajaran Fisika dengan menggunakan bilingual (Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia). Hal ini dikarenakan siswa Sekolah Menengah Atas tersebut sudah terbiasa menggunakan bahasa Inggris dalam kehidupan sehari-hari dan merasa tertarik dan tertantang untuk mempelajari Fisika dalam Bahasa Inggris. Sedangkan saran yang dapat diajukan adalah:

1. Sebelum mengadakan pengajaran Fisika dengan menggunakan Bahasa Inggris, peneliti atau tutor terlebih dahulu mempelajari materi Fisika yang akan diajarkan dengan menggunakan Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Sehingga siswa dapat lebih memahami materi Fisika yang akan diajarkan menggunakan kedua bahasa tersebut atau bilingual.
2. Agar data yang didapatkan lebih valid, maka disarankan untuk mengambil data di berbagai jenis sekolah (sekolah negeri, sekolah swasta dan sekolah nasional plus yang ada).

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Hewitt, Paul G.** 2001. *Conceptual Physics Ninth Edition*. San Fransisco: Edison Wesley
- Milner, Bryan.** 2002. *Core Physics*. Cambridge: Cambridge University.
- Yong, Loo Wan dkk.** 2000. *Physics Insight*. Singapore: Longman.
- Giancoli, C. Douglas.** *FISIKA*, terjemahan Cuk Imawan, edisi keempat, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Tipler, A. Paul,** *FISIKA UNTUK SAINS DAN TEKNIK*, alih bahasa Dra. Lea Prasetio, M.Sc. dan Rahmad W. Adi, Ph.D., edisi ketiga, Jakarta, penerbit Erlangga.

**KARAKTERISTIK HASIL BELAJAR SISWA  
TERHADAP PENGGUNAAN BAHASA  
DALAM PELAJARAN MATEMATIKA DI KELAS V SEKOLAH DASAR  
XIN ZHONG SURABAYA**

**Desiana Natalia, S.Pd  
XIN ZHONG SCHOOL SURABAYA**

**Abstrak.** Memasuki era globalisasi ini telah banyak sekolah bertaraf internasional yang menggunakan bahasa selain bahasa ibu yakni bahasa Indonesia. Tingkat kebutuhan siswa yang berbeda-beda inilah yang menyebabkan tiap sekolah mempunyai kurikulum dan standar yang berbeda dalam penanganannya. Salah satu sekolah di Surabaya yang menggunakan bahasa selain bahasa Indonesia sebagai bahasa pengantar adalah Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong. Di sekolah ini, khususnya pelajaran matematika siswa dituntut untuk dapat memahami pelajaran dalam dua bahasa yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Dalam hal ini aktivitas dan hasil belajar siswa pada pelajaran matematika di kelas V SD telah dikarakteristik dan dianalisa. Terdapat dua versi pengajaran dalam matematika yaitu versi bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Dari hasil ini diperoleh kesimpulan bahwa hasil belajar siswa kelas V di Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong Surabaya pada pelajaran matematika tidak ada pengaruh dengan bahasa pengantar yang digunakan. Hal ini dapat dilihat dari proses analisa hasil belajar siswa yang konsisten terhadap dua bahasa pengantar yang berbeda dalam setiap pokok bahasan yang sama. Ini menunjukkan bahwa penanaman konsep yang benar tidak mempengaruhi bahasa pengantar yang digunakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa dan deskriptif. Serta prosedur pengolahan meliputi: studi eksplorasi dan analisa data hasil belajar siswa. Data dikumpulkan melalui observasi, penilaian hasil belajar melalui latihan, pekerjaan rumah, tugas, kuis, tes, Ulangan Tengah Semester (UTS) dan Ulangan Akhir Semester (UAS), kemudian dianalisis secara deskriptif. Pengolahan dilakukan di Sekolah Dasar Xin Zhong Surabaya. Hasil penelitian ini diberi judul KARAKTERISTIK HASIL BELAJAR SISWA TERHADAP PENGGUNAAN BAHASA DALAM PELAJARAN MATEMATIKA DI KELAS V SEKOLAH DASAR (SD) XIN ZHONG SURABAYA. Dari data yang dikumpulkan tersebut mengidentifikasi bahwa penggunaan bahasa yang berbeda dalam pembelajaran tidak mempengaruhi hasil belajar siswa.

**Kata kunci:** data, bahasa, matematika dan hasil belajar.

**Pendahuluan**

Dalam era globalisasi ini telah banyak sekolah bertaraf internasional yang menggunakan bahasa selain bahasa ibu yakni bahasa Indonesia. Tingkat kebutuhan siswa yang berbeda-beda inilah yang menyebabkan tiap sekolah mempunyai kurikulum dan standar yang berbeda dalam penanganannya. Hal

tersebut dimaksudkan sesuai visi dan misi sekolah. Salah satu sekolah di Surabaya yang menggunakan bahasa selain bahasa Indonesia sebagai bahasa pengantar adalah Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong. Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong Surabaya mempunyai tujuan untuk mencetak generasi pemimpin Asia di masa depan. Dengan landasan tersebut itulah di sekolah ini, khususnya pelajaran matematika siswa dituntut untuk dapat memahami pelajaran dalam dua bahasa yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Dalam hal ini aktivitas dan hasil belajar siswa pada pelajaran matematika di kelas V SD telah dikarakteristik dan dianalisa. Terdapat dua versi pengajaran dalam matematika yaitu versi bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.

Penanaman konsep yang benar menyebabkan tidak adanya kesulitan dalam pemahaman konsep dasar matematika. Hal ini terungkap dari hasil belajar siswa yang konsisten terhadap dua bahasa pengantar yang berbeda dalam setiap pokok bahasan yang sama. Oleh karena itu, penanaman konsep dasar yang benar melandasi hasil belajar siswa tanpa terganjal masalah bahasa.

Maka dalam makalah ini dibahas analisis data hasil belajar siswa yang dapat diperoleh dari penilaian hasil belajar melalui latihan, pekerjaan rumah, tugas, kuis, tes, Ulangan Tengah Semester (UTS) dan Ulangan Akhir Semester (UAS) siswa kelas V Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong Surabaya. Diharapkan dengan adanya makalah ini, penanaman konsep dasar matematika benar-benar diperhatikan dalam Proses Belajar Mengajar (PBM), sehingga tingkat pemahaman dan hasil belajar peserta didik terhadap bahan ajar akan meningkat. Oleh karena itu, peneliti mencoba menganalisa hasil belajar terhadap penggunaan bahasa yang diberi judul Karakteristik Hasil Belajar Siswa Terhadap Penggunaan Bahasa Dalam Pelajaran Matematika di Kelas V Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong Surabaya.

## **Kajian Pustaka**

Pelajaran matematika di Sekolah Dasar (SD) merupakan pelajaran konsep dasar berhitung, sehingga dalam Proses Belajar Mengajar (PBM) penanaman konsep harus benar-benar diperhatikan. Penjelasan yang mudah dan relevan membantu pemahaman siswa terhadap pelajaran matematika di kelas V Sekolah Dasar (SD). Oleh karena itu, penggunaan bahasa pengantar yang berbeda pada pelajaran matematika kelas V di Sekolah dasar (SD) Xin Zhong Surabaya bukan merupakan kendala dalam pencapaian hasil belajar yang maksimal. Melainkan pemahaman konsep dasar yang benar, membantu siswa dalam peningkatan mutu dan hasil belajar siswa itu sendiri.

## **Metode**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian analisa, pengolahan data dan deskriptif. Prosedur pengolahan meliputi: studi eksplorasi dan analisa data hasil belajar siswa. Data dikumpulkan melalui observasi, penilaian hasil belajar melalui latihan, pekerjaan rumah, tugas, kuis, tes, Ulangan Tengah Semester (UTS) dan Ulangan Akhir Semester (UAS), kemudian dianalisis secara deskriptif. Pengolahan dilakukan di Sekolah Dasar Xin Zhong Surabaya. Pengolahan bentuk



awal melalui beberapa tahapan, yaitu: tahapan observasi dan analisa penggunaan bahasa Indonesia dan bahasa Inggris di kelas V SD. Analisis yang dihasilkan berupa hasil belajar siswa pada pelajaran matematika dalam dua versi yaitu versi bahasa Indonesia dengan versi bahasa Inggris. Penilaian hasil belajar tersebut melalui latihan, pekerjaan rumah, tugas, kuis, tes, Ulangan Tengah Semester (UTS) dan Ulangan Akhir Semester (UAS).

Berdasarkan tujuan penelitian ini, data dianalisis secara deskriptif. Analisis data diawali dengan reduksi data, penskoran, penyajian data dalam tabel, dan narasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dan pengolahan nilai hasil belajar siswa. Pengolahan dilakukan di Sekolah Dasar Xin Zhong Surabaya. Hasil penelitian ini diberi judul KARAKTERISTIK HASIL BELAJAR SISWA TERHADAP PENGGUNAAN BAHASA DALAM PELAJARAN MATEMATIKA DI KELAS V SEKOLAH DASAR (SD) XIN ZHONG SURABAYA. Dari data yang dikumpulkan tersebut mengidentifikasi bahwa penggunaan bahasa yang berbeda dalam pembelajaran tidak mempengaruhi hasil belajar siswa.

Berdasarkan tujuan penelitian ini, penanaman konsep dasar matematika benar-benar harus diperhatikan dalam Proses Belajar Mengajar (PBM), sehingga tingkat pemahaman dan hasil belajar peserta didik terhadap bahan ajar akan meningkat tanpa melihat bahasa pengantar apa yang digunakan dalam pembelajaran. Data dikumpulkan dengan menggunakan teknik observasi, analisa dan deskriptif. Teknik observasi digunakan pada saat melakukan pengamatan terhadap penggunaan bahasa pengantar dalam Proses Belajar Mengajar (PBM) dengan dua versi bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.

### **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Sesuai dengan tujuan penelitian/pengolahan, hasil pengolahan ini berupa analisa hasil belajar siswa yang diberi judul KARAKTERISTIK HASIL BELAJAR SISWA TERHADAP PENGGUNAAN BAHASA DALAM PELAJARAN MATEMATIKA DI KELAS V SEKOLAH DASAR (SD) XIN ZHONG SURABAYA. Setelah dilakukan analisa terhadap penggunaan bahasa pengantar, didapat masukan dari guru dan siswa. Cara pengujian dilakukan dengan menggunakan analisis data hasil belajar siswa melalui latihan, pekerjaan rumah, tugas, kuis, tes, Ulangan Tengah Semester (UTS) dan Ulangan Akhir Semester (UAS). Data yang diperoleh dari hasil belajar siswa dirangkum, kemudian diolah menjadi dua bentuk versi, yaitu pelajaran matematika dalam bahasa Indonesia dan pelajaran matematika dalam bahasa Inggris. Kemudian membandingkan nilai tersebut dalam dua versi bahasa dengan faktor kesamaan dalam persentase (%).

Berdasarkan data yang diperoleh, faktor kesamaan nilai hasil belajar siswa pada pelajaran matematika di kelas V Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong Surabaya mencapai 98%. Data yang diperoleh dari nilai siswa yang diambil sampel, tidak ada nilai hasil belajar yang menyimpang jauh antara kedua versi bahasa pengantar tersebut dalam setiap pokok bahasan yang sama. Dengan demikian, mengidentifikasi bahwa penggunaan bahasa yang berbeda dalam pembelajaran tidak mempengaruhi hasil belajar siswa.

### **Kesimpulan dan Saran**

Dari hasil analisis data hasil belajar siswa melalui latihan, pekerjaan rumah, tugas, kuis, tes, Ulangan Tengah Semester (UTS) dan Ulangan Akhir Semester (UAS) menyatakan bahwa penanaman konsep dasar matematika harus benar-benar diperhatikan dalam Proses Belajar Mengajar (PBM), sehingga tingkat pemahaman dan hasil belajar peserta didik terhadap bahan ajar akan meningkat. Hal ini mengidentifikasi bahwa penggunaan bahasa yang berbeda dalam setiap pokok bahasan yang sama pada pembelajaran matematika di kelas V Sekolah Dasar (SD) Xin Zhong Surabaya tidak mempengaruhi hasil belajar siswa.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Finklestein, Iris.** (1984). *Shapes and Colors*. New Yorks: Golden Books
- Hayes, Margie.** (1988). *Math Readness*. New Yorks: Western Publishing Company
- Imawan, Cuk dan Yudiarsah, Efta.** 2010. Karakteristik Aktivitas Mahasiswa Terhadap Modul e-Learning, Studi Kasus Kuliah Dasar Fisika. *Physics II Journal* (17 Juli 2010)
- Soenarjo, RJ.** (2008). *Matematika SD dan MI Kelas 6*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Sukandi, Ujang dan A. F. Tangyong.** (1991). *Penggunaan Kertas Berpetak dalam Matematika*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pendidikan dan Kebudayaan, Pusat Pengembangan Kurikulum dan Sarana Pendidikan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
- Thomson, Linda.** (1990). *Math 4,5,6*. New Yorks: Western Publishing Company

## HYBRID PROBLEM-BASED LEARNING IN THE TEACHING-LEARNING PROCESS OF MATHEMATICS IN ENGLISH

Widyanti Sugianto

Magister Pendidikan Bahasa Inggris  
UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA

**Abstract.** Nowadays there are many schools in Indonesia which are adopting the International Standard Curriculum. Those schools obligate their students to comprehend standard English and use it in their daily conversation. Some subjects are given with English as the primary medium of instruction. For example: mathematics, science and IT.

Mathematics is not only about learning formulas and doing calculation. It is more about learn problem solving, reasoning and its implementation in daily life. These can be solved through several teaching strategies of which one is Problem-Based Learning (PBL). PBL is a method that facilitates learning through problem solving. In PBL, the students should decide what knowledge they need to know to solve the problem, do investigation, apply the knowledge and make conclusions. It is active learning, as through those processes the students learn about the subject in order to be more independent learners.

This paper is a Classroom Action Research (CAR) on the PBL strategy to improve the teaching learning process in mathematics class. It focuses on four cycles: planning, action, observation and reflection. This study discussed about: teaching strategies used, how teaching learning process was done in class and how students improved their understanding. The teaching strategies were delivered by emphasizing on real world problems related to the concepts of real experiences.

From the discussions of findings it was found out that: (1) PBL strategies improved the students' mathematics skills (2) PBL strategies improved the students' English presentation skills. Furthermore, PBL strategies made the students more active in the teaching learning process since it was related to their daily life experiences. It could be concluded that the implementation of PBL strategies triggered positive attitudes of the learning process.

**Key words:** problem based learning, mathematics in English, classroom action research

### Introduction

The 21<sup>st</sup> century is the beginning of the globalization era. Indonesia is one of the countries that is also influenced by the trend. One of the globalization's impacts is that, there are many schools in Indonesia which are adopting the International Standard Curriculum. Those schools obligate their students to comprehend standard English and use it in their daily conversation. Some subjects are given with English as the primary medium of instruction. This is also

done to meet the parents' demand, because when they send their children to International Standard schools, they expect to improve their children's English. At the same time, there are several kinds of International Curricula to choose from, such as: the Bilingual Programme, Cambridge Programme (ICGSE), Singapore Curriculum, IB Diploma Programme and others.

In Indonesia, English is a foreign language. It is not used in daily life conversation and people have little exposure to English. It causes students to have difficulties in learning content subjects in English. In mathematics, students use language to communicate and to understand the concepts. Language helps students to mold perception and structure ideas. Since the formulas and mathematical concepts are delivered through the English language, this may create problems for the students as well as the teachers in learning and teaching this subject and may slow down the learning process. In mathematics, the main focus is mathematics not English. English is used to help students learn mathematics better. However if the students don't understand English well, they will not be able to grasp the mathematical concepts. Studies (Dawe, 1983; Jones, 1982; Garbe, 1985; Cuevas, 1984) suggest that students who learn mathematics in a language other than their mother tongue usually have problems with the language and fail in mathematics. Bell (2003) stated that mathematics achievement is generally not easy for students learning through their L1 because of the highly specialized mathematical terms with a variation of meanings, which are different from those used in the everyday language. Therefore it will be more difficult for L2 learners who have to struggle with both the English language and the mathematical expressions. Therefore, the writer aims at developing the pupil's interest in mathematics, as well as creating opportunities for communicating in a mathematical language and its special expressions. It should also give students the opportunity to discover values in mathematical patterns, forms and relationships, as well as experience in solving mathematical problems and therefore experience the satisfaction and joy in understanding and solving problems (Skolverket, 2007).

English language learners usually have difficulties in learning content subject in English. That difficulty is problematic to students in many parts of the world; and is also the case within to the students of many high school in Surabaya. To make the learning process easier and more effective, a Class Action Research (CAR) is needed. Therefore teachers and students should seek together to find a better solution. CAR is a systematic investigation conducted by practitioners to obtain information, analyze it and immediately improve the teaching and learning process. In a CAR, a teacher becomes an 'investigator' or 'explorer' of his or her personal teaching context, while at the same time being one of the participants in it. The central idea of the action part of a CAR is to intervene in a deliberate way in a problematic situation in order to bring about changes and even better, improvements in practice.

A recent study on content and language integrated learning shows that when students were given problem-solving questions that required them to read

said questions or statements, also to think, analyze and carry out the needed computations, most students did not have the needed problem solving strategies. The more the students master the language, the better their performance in mathematics (Latu, 2005).

Another recent study on content and language integrated learning was done by Pip Neville-Barton and Bill Barton (2005) who have done a research on the relationship between the English language and the mathematical learning process for non-native speakers. They found out that, in general, students performed worse than what was expected by the teachers.

The most recent study on content and language integrated learning was done by Kgomotso Getrude Garegae (2008). In his research, he stated that the second language learners face a double jeopardy in a mathematics class. He did his research in Botswana schools at junior secondary level. He found out that most students who are fluent in English had difficulties in using selected terms in mathematics. From the result he can not claim that being good in every day or general English, guarantees that a student knows and understands the mathematical language.

## **Review of Related Literature**

### *Problem-Based Learning*

Problem-based Learning (PBL) is student-centered that challenges students to learn through engagement in a real problem. According to Wilkerson (1996) characteristics of PBL are:

1. It is student-centered
2. Students work in collaborative groups
3. Teacher takes on the role as a facilitator of learning
4. Problems form organizing focus and stimulus for learning
5. Problems are a vehicle for the development of problem-solving skills
6. New information is acquired through self-directed learning.

### *Hybrid Problem-Based Learning*

A PBL has been adopted in many fields of education in mathematics. There are many different form of PBL implementation. It depends on the problems each subject encountered. Common features and processes could be identified in the PBL variety of models. Identifying the problem, gathering the information, finding extra information to solve the problem, generating possible solutions, communicating, accommodating, selecting and executing the best solution and making a presentation of the solution are some models in PBL. (Boon Tat, Preechaporn and Chee Kin, 2010).

Hybrid PBL is modification of PBL strategy. The major differences between the hybrid model used in this study and pure PBL model are: the duration of the problems, the continued inclusion of at least one lecture every week (PBL style lectures) and the methods of assessment (which include traditional exams or pencil and paper exams). (O' Kelly, 2005)

A curriculum shift towards PBL is illustrated below:

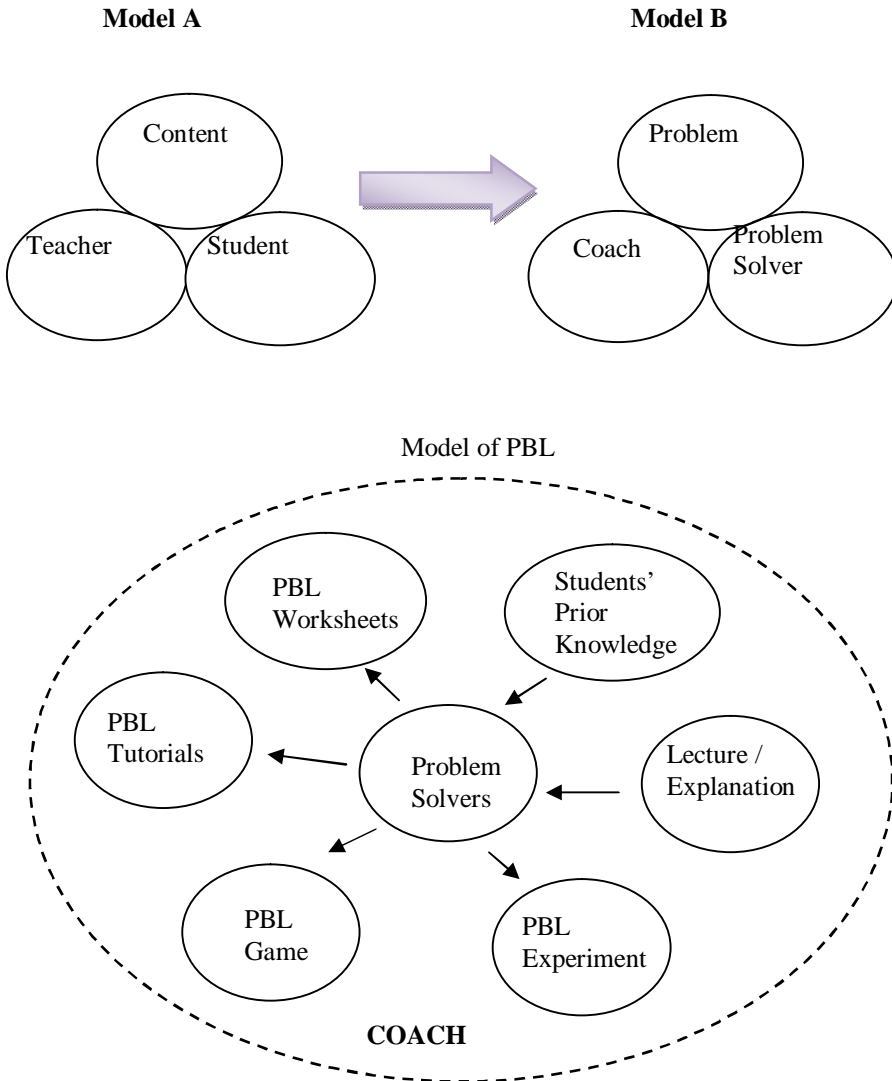


Figure 1.1: Model of Curriculum Shift (Tan, 2000)

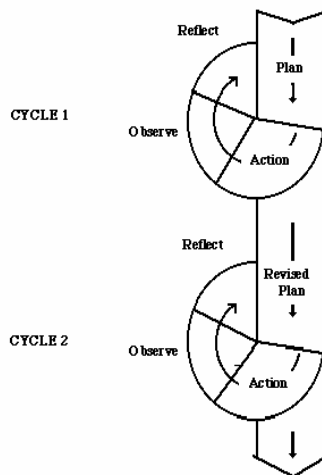
In hybrid PBL, the teacher still uses lecture strategy. However, the number of lectures was reduced compare with the traditional lecture system. The

remaining lectures were focused to emphasize key concepts, build a framework of ideas and relate to the case. Lectures are used to present material that is new or more conceptually difficult. In addition, lectures are used to permit interruptions and take more questions. (Armstrong, 1991).

### **Methodology**

The study was designed as a Classroom Action Research (CAR). CAR typically involves four broad phases in cycles, each of which consists of: planning, action, observation and reflection (Kemmis and McTaggart, 1998). These cycles may become a continuing, or iterative, spiral of cycles which recur until the Classroom Action Researcher has achieved a satisfactory outcome and the researcher feels it is time to stop.

The first phase was planning; in this phase the teacher identified a problem or issue and develops a plan of action in order to bring about improvements in a specific area of the research context. The teacher should consider what kind of investigation was possible within the realities and constraints of the teaching situation and what potential improvements were possible. The second phase was action; the plan was carefully considered. It should be one which involves some deliberate interventions into the teaching situation that you put into action over an agreed period of time. The third phase was observation; this phase involved the teacher's activity in observing systematically the effects of the action and documenting the context, actions and opinions of those involved. The last phase was reflection; at this point, the teacher reflected on, evaluates and describes the effects of the action in order to make sense of what had happened and to understand the issue he/she had explored more clearly (Burns, 2010, p. 7-8).



#### First Cycle

- Week 1 : introduction
  - Pre-test
  - Library research
  - Hangman game
- Week 2 : PBL strategy
  - Survey
  - Venn Diagram project
- Week 3 : reinforcement
  - Worksheet
  - presentation

#### Second Cycle

- Week 1 : introduction
  - Pre-test
  - Library research
  - Reading mathematics
- Week 2 : PBL strategy
  - Tossing coin project
  - Real world problems
- Week 3 : reinforcement
  - Worksheet
  - Post-test
  - Formal test

#### Third Cycle

- Week 1 : introduction
  - Pre-test
  - Experiment
  - Reading mathematics
- Week 2 : PBL strategy
  - SKUNK game
  - Real world problems
  - Game show
- Week 3 : reinforcement
  - Worksheet
  - Post-test
  - Formal test

#### **Findings and Discussions**

The first PBL project was surveying and making Venn Diagram. In that project, the students did survey to their classmates, it required communication skills. After surveying, they made Venn Diagram based on the data they



collected. The project was staged so that each student group took the role of a team of discussing and presenting their result. The group had to present a report to the class that addressed several questions, the answers to which were to be obtained from the graphical representation of the data (Venn Diagram). The questions required individual as well as team problem-solving, and put many of the activities into a real-world context.

The second PBL project was gathering data by tossing coin. In that project, the students tossed the coin and measured the distance between two positions. After gathering data, they discussed and compared the result. Then, they calculated mean, median and mode from the data.

The third PBL project was the students were given real world problems about statistics, they should discuss each problem whether it calculated using mean or average and gave the reasons about their answers.

The forth PBL project was playing SKUNK game. It was a probability game which could help the students to construct their understanding between chance and choice. After playing the game, they were given SKUNK worksheets which they should discuss and gave reasons how to win the game.

The fifth PBL project was the students were given real world problems about probability, they discussed each statement whether it was true statement or not and gave the reasons based on the *probability* concepts.

The sixth PBL project was playing Game Show game. It was probability game in which the students pretended to be the player and the presenter of the game. This project objectives were to introduce the concepts of probability and made the students deeply think about the meaning of an event success.

The discussion and presentation were used to make the students aware of English language in mathematics. Reading passages were given twice to help them to understand the English language used in mathematics.

#### The effect of PBL on students' concepts of mathematics

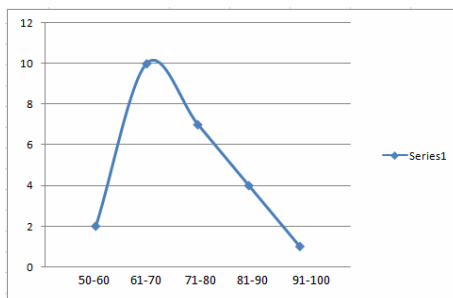


Table 1 Unit 10 Pre-Test

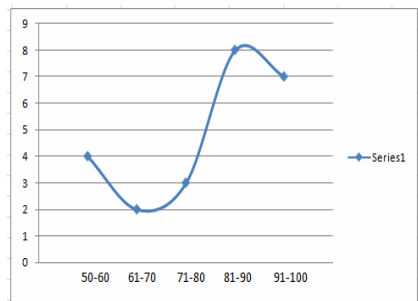


Table 2 Unit 10 Post-Test

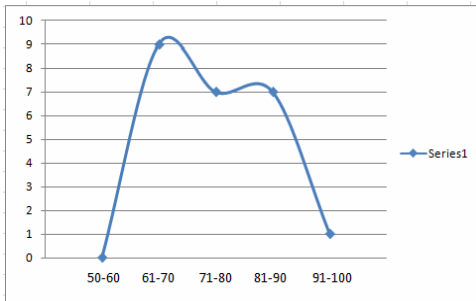


Table 3 Unit 11 Pre-Test

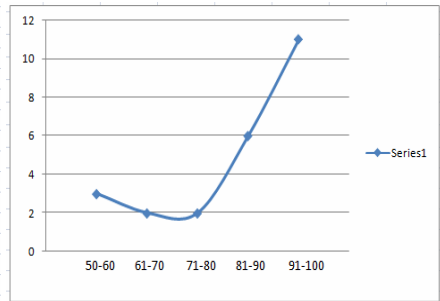


Table 4 Unit 11 Post-Test

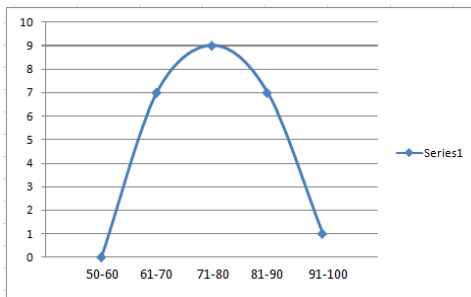


Table 5 Unit 12 Pre-Test

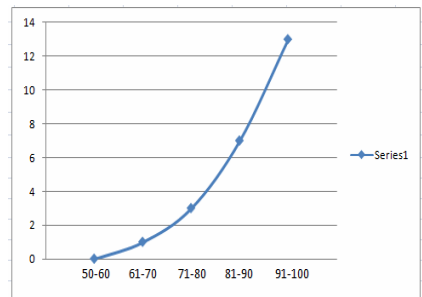


Table 5 Unit 12 Post-Test

The difference in the scores of pre-test and post-test was analyzed using the dependent t-test: Paired Sample for Means which is used when two samples were not independent of one another or are dependent on one another (<http://www.statisticssolutions.com/resources/directory-of-statistical-analyses/paired-sample-t-test>). The t-calculation result showed that statistically, there was a significant difference between the result of the pre test and the post test. In unit 10, the **t-calculation/ observed/ (t)** is **2.9639**, in unit 11, the **t-calculation/ observed/ (t)** is **4.4313** and in unit 12, the **t-calculation/ observed/ (t)** is **6.9752** higher than the **t-critical value: 2.069** (95% confidence level). Statistically, the null hypothesis, which said that there was no difference between the scores of the pre test and the post test, had to be rejected. The interpretation now is that the scores of pre test and post test are significantly different.

The formula used to calculate the dependent t-Test: Paired Two Sample for Means (the t-observed) as following:

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

Where D is the difference between pairs of scores,

$$D = X_2 - X_1$$

and the degrees of freedom for the dependent-t test is

$$df = n - 1$$

and **n** is the number pairs of subjects in the study

## UNIT 10

Pre-test Unit 10	Post-test Unit 10	d	d <sup>2</sup>
63	100	37	1369
80	80	0	0
70	80	10	100
85	60	-25	625
60	100	40	1600
85	90	5	25
70	60	-10	100
70	85	15	225
50	60	10	100
70	90	20	400
75	100	25	625
85	90	5	25
70	100	30	900
80	100	20	400
63	65	2	4
70	75	5	25
80	60	-20	400
80	85	5	25
63	85	22	484
80	85	5	25
80	90	10	100
100	100	0	0
70	70	0	0
85	100	15	225
$\Sigma$		226	7782

Df=	24
n=	23
$n \times \Sigma d^2 =$	178986
$(\Sigma d)^2 =$	51076
<b>t observed =</b>	<b>2.9639</b>
t-critical=	<b>2.069</b>

$$t \text{ observed } (t) = 226 \div \sqrt{(178986 - 51076) \div 22}$$

$$t \text{ observed } (t) = 226 \div \sqrt{127910 \div 22}$$

$$t \text{ observed } (t) = 226 \div \sqrt{5814.090909}$$

$$t \text{ observed } (t) = 226 \div 76.25018629$$

$$t \text{ observed } (t) = \mathbf{2.963927185}$$

Table 7 The Scores of Pre-test and Post-test Unit 10

## UNIT 11

Pre-test	Post-test	d	d <sup>2</sup>
Unit 11	Unit 11		
65	70	5	25
80	85	5	25
72	100	28	784
75	100	25	625
75	85	10	100
90	100	10	100
61	100	39	1521
90	100	10	100
72	85	13	169
70	60	-10	100
75	100	25	625
90	100	10	100
60	60	0	0
80	85	5	25
72	75	3	9
78	85	7	49
70	100	30	900
70	75	5	25
65	70	5	25
80	85	5	25
85	100	15	225
85	100	15	225
75	60	-15	225
85	100	15	225
$\Sigma$		260	6232

$$\begin{aligned}
 Df &= 24 \\
 n &= 23 \\
 n \times \Sigma d^2 &= 143336 \\
 (\Sigma d)^2 &= 67600
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{observed}} &= 4.4313 \\
 t_{\text{critical}} &= 2.069
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{observed}}(t) &= 260 \div \sqrt{(143336 - 67600) \div 22} \\
 t_{\text{observed}}(t) &= 260 \div \sqrt{75736 \div 22} \\
 t_{\text{observed}}(t) &= 260 \div \sqrt{3442.545455} \\
 t_{\text{observed}}(t) &= 260 \div 58.673209
 \end{aligned}$$

Table 8 The Scores of Pre-test and Post-test Unit 11

UNIT 12			
Pre-test	Post-test	d	d <sup>2</sup>
Unit 12	Unit 12		
61	75	14	196
75	88	13	169
70	100	30	900
70	83	13	169
90	100	10	100
80	100	20	400
80	100	20	400
80	100	20	400
85	88	3	9
85	100	15	225
85	100	15	225
80	100	20	400
75	88	13	169
100	88	-12	144
80	100	20	400
80	100	20	400
71	80	9	81
70	65	-5	25
70	100	30	900
70	88	18	324
85	85	0	0
85	100	15	225
70	78	8	64
90	100	10	100
$\Sigma$		319	6425

Df= 24  
n= 23  
 $n \times \Sigma d^2 =$  147775  
 $(\Sigma d)^2 =$  101761

**t observed = 6.9752**  
**t-critical = 2.069**

t observed (t) =  $319 \div \sqrt{(147775 - 101761) \div 22}$   
t observed (t) =  $319 \div \sqrt{46014 \div 22}$   
t observed (t) =  $319 \div \sqrt{2091.545455}$   
t observed (t) =  $319 \div 45.73341726$   
t observed (t) = **6.975205858**

Table 9 The Scores of Pre-test and Post-test Unit 12

## Conclusions and Suggestions

From the research, observation and students' comments, it could be concluded that students' mathematics understanding were improved and they were motivated to do the PBL projects. The formal interview and students reflections showed that the students really enjoyed the PBL projects. Most of them said that they like to do the projects because they could play and discuss with their friends while they learn.

Most of them had positive attitudes towards PBL strategy as shown in their positive comments. However, some students did not have positive attitudes towards PBL strategy. For example, when they did Venn Diagram, they did not like that project because they worried about their nails. These positive attitudes made them learn more on their own and shared new knowledge with classmates

At the end of this study, the writer would like to encourage other researchers to develop a further study that has not been discussed in this study:

This study made use of classroom action research to know how PBL strategies improve the students' English and mathematics skill in mathematics class using English as the medium of instruction. This study focuses on two aspects: students' mathematics skill and students' English skill. However, because of time limitation, the writer focused more on mathematics skill. Therefore, the writer suggests other researchers focus more on students' English skill with more detail and deep investigations.

Besides, this study only observed Grade 8 in mathematics class. Therefore, it is suggested that the next researchers may study other grades as subjects and observe also other content subject classes to contrast and compare the results.

## REFERENCES

- Armstrong, E. *A hybrid model of problem-based learning*. In: Boud D and Feletti G (editors): *The challenge of problem-based learning*, 137-149. London, Kogan Page, 1991.
- Barton, M. (1997). *Addressing the Literacy Crisis: Teaching Reading in the Content Areas*. National Association of Secondary School Principal Bulletin, 81, 22-30.
- Barton, P. N., & Bill. (2005). *The Relationship between English Language And Mathematics Learning For Non-Native Speakers*. New Zealand: Unitec.
- Bell, B. (2003). *Mother-tongue maintenance and maths and science achievement: A contribution towards the formulation of multilingual language-in-*

- education policies for South African school. Retrieved on September 4, 2010, from <http://und.ac.za/und/ling/archieve/bell-01.htm>
- Bell, L. & Lee, C. L. (2005). *Using Reading in Content Area Strategies to Improve Students Understanding in Family and Consumer Sciences*. Retrieved on March 4, 2011, from <http://www.natefacs.org/JFCSE/v23no2/v23no2Bell.pdf>.
- Bhondwe, A. (2011). *Scaffolding in Education*. Retrieved on January 16, 2011, from <http://www.buzzle.com/articles/scaffolding-in-education.html>.
- Boon Tat, T., Preechaporn, W. & Chee Kin, L. (2010). *Problem-Based Learning the 4 Core Areas in the Search of Excellence in Mathematics Education*. Malaysia: Southeast Asian Ministers of Education Organization Regional Center for Education for Science and Mathematics.
- Boud, D. & Feletti, G. (1997). *The Challenge of Problem-Based Learning*. London: Kogan Page.
- Bruce, S., Clark, S., Michael, L., Thomas, S., & Waggener, J. (2004). *Mathematics Intermediate Course A*. United States of America: ASCI Purposeful Design Publications.
- Bruce, S., Clark, S., Michael, L., Thomas, S., & Waggener, J. (2004). *Mathematics Intermediate Course B*. United States of America: ASCI Purposeful Design Publications.
- Wood, D., Bruner, & J.S., Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Child Psychiatry*, 17, 89-100.
- Burns, A. (2010). *Doing Action Research in English Language Teaching: A Guide for Practitioners*. New York: Routledge.
- Chamot, A. U., & O'Malley, J. M. (1994). *The CALLA Handbook: Implementing the Cognitive Academic Language Learning Approach*. United States of America: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). *Content and Language Integrated Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cuevas, G. J. (1984). *Mathematics learning in English as second language*. *Journal for Research in Mathematics Education*. 15 (2): 134-144.
- Dawe, L. (1983). *Bilingualism and mathematics reasoning in English as a second language*. *Educational Studies in Mathematics*, 14(1) 325-353.
- Durkin, K., & Shire, B. (1991). Lexical ambiguity in mathematical contexts. In K. Durkin and B. Shire (eds.), *Language in mathematical in mathematical education: Research and practice*. (pp. 71 – 84). Milton Keynes: Open University Press.
- Ellerton, N. F., & Clarkson, P. C. (1996). Language Factors in Mathematics Teaching and Learning, In A J Bishop et al (Eds), *International handbook of mathematics education* (pp 987-1033). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Fillmore, L. W. (2007). *English Learners and Mathematics Learning: Language Issues to Consider*. Retrieved on September 4, 2010, from <http://www.msri.org/communications/books/Book53/files/19fillmore.pdf>

- Garegae, K. G. (2008). *Language in Mathematics Education: A Double Jeopardy for Second Language Learners*. University of Botswana.
- Garbe, D. (1985). *Mathematics vocabulary and the culturally different student*. *Arithmetic Teacher* 33(2), 39-42.
- Glanz, J. (2003). *Action research: An educational leader's guide to school improvement*. Norwood, MA: Christopher-Gordon Publishers, Inc.
- Halliday, M. A. K. (1978). *Language as Social Semiotic: The Social Interpretation of Language and Meaning*. London: Edward Arnold.
- Hamers, J. F., & Blanc, M. H. A. (2003). *Bilinguality and Bilingualism*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Holton, Derek, and Clark, David. (2006). Scaffolding and metacognition. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37, 127-143.
- Irujo, S. (2007). *Teaching Math to English Language Learners: Can Research Help?*. Retrieved on March 4, 2011 from [http://www.coursecrafters.com/ELL-Outlook/2007/mar\\_apr/ELLOutlookITIArticle1.htm](http://www.coursecrafters.com/ELL-Outlook/2007/mar_apr/ELLOutlookITIArticle1.htm).
- Jones, P. L. (1982). *Learning mathematics in the second language. A problem with more and less*. *Educational Studies in Mathematics*. 13 (2), 269 – 289.
- Latu, V. F. (2005). *Language Factors that Affect Mathematics Teaching and Learning of Pasifika Students*. Retrieved on September 4, 2010, from <http://www.merga.net.au/documents/RP532005.pdf>.
- McKenzie, J. (1999). *Scaffolding in PBL*. Retrieved on April 10, 2011, from <http://edteki.com/courses/EDTECH581/activities/week5/Scaffolding%20in%20PBL.pdf>.
- McMillan, J. H. (2008). *Educational Research Fundamentals for the Consumer*. United States of America: Pearson Education, Inc.
- Norman, G. R. & Schmidt, H. G. (1992) *The psychological basis of problem-based learning: a review of the evidence*. *Academic Medicine* 67, 557-565.
- O'Kelly, J. (2005). *Designing A Hybrid Problem-Based Learning (PBL) Course: A Case Study of First Year Computer Science in Nui, Maynooth*. NUI, Maynooth.
- Pinter, A. (2009). *Teaching Young Language Learners*. New York: Oxford University Press.
- Porter, A. (1989). A curriculum out of balance: The case of elementary school mathematics. *Educational Researcher*, 18 (5), 9-15.
- Schmidt, H.G. (1993). Foundations of problem-based learning: some explanatory notes. *Medical Education* 27 (5): 422–432.
- Rosenshine, B., & Meister, C. (1992). The Use of Scaffolds For Teaching Higher-Level Cognitive Strategies. *Educational Leadership*, 49(7), 26-33.
- Slavin, R. E. (2009). *Educational Psychology Theory and Practice*. United States of America: Pearson.
- Stepien, W.J. & Gallagher, S.A. (1993). *Problem-based Learning: As Authentic as it Gets*. *Educational Leadership*. 50(7) 25-8.



- Stokes, F. S., Mackinnon, M. M. and Whitehill, T. L. (1997) *Students' experiences of PBL: Journal and Questionnaire Analysis*. ZSfHD, 161-180, 220.
- Tan, O.S., (2000). Reflecting on Innovating the Academic Architecture for the 21<sup>st</sup> Century: A Singapore Perspective. *Educational Developments*, 1, 3, 8-11.
- TIMSS. (2009). *Highlights From TIMSS 2007: Mathematics and Science of U.S. Forth and Eight-Grade Students in an International Context*. National Centre for Education Statistics.
- Wikipedia. (2010). *Cooperative Learning*. Retrieved on January 15, 2010, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Cooperative\\_learning](http://en.wikipedia.org/wiki/Cooperative_learning).
- Wikipedia. (2010). *International School*. Retrieved on January 15, 2010, from [http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_school](http://en.wikipedia.org/wiki/International_school).
- Wikipedia. (2011). *Problem Based Learning*. Retrieved on March 4, 2011, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Problem-based\\_learning](http://en.wikipedia.org/wiki/Problem-based_learning).
- Wilkerson, L., & Gijsselaers, W. H. (1996). *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*. San Francisco: Jossey-Bass Publisher.
- Wiren, E. (2008). *With Another Mother Tongue*. Retrieved on September 4, 2010, from [http://modersmal.skolverket.se/engelska/images/stories/engelska/other\\_mother\\_tongue\\_08.pdf](http://modersmal.skolverket.se/engelska/images/stories/engelska/other_mother_tongue_08.pdf).

## **THE CORRELATION AMONG THE PHYSICS COMPETENCE, ENGLISH PROFICIENCY AND MOTIVATION OF THE STUDENTS IN BILINGUAL LEARNING OF THE SUB-TOPIC OF TEMPERATURE AND THERMOMETERS**

**Silviati Kamalia, JV Djoko Wirjawan, I Nyoman Arcana**

**Prodi Pendidikan Fisika  
FKIP UNIKA WIDYA MANDALA SURABAYA**

**Abstract.** Much has been said and written on achieving an International Education in Indonesia. It has captured everyone's attention, the Government, schools, teachers and lecturers, parents and students alike. The purpose of this research is to find out whether there is a correlation between the students' Bilingual Physics competence and their motivation; the students' English proficiency and their motivation to study bilingual Physics, the students' English proficiency and their Bilingual Physics competence.

The research method is a Descriptive one, the population is the students of the Catholic Junior High School (SMPK) of St. Katarina in Surabaya, Indonesia, and the sample is the first year students of said school, classes 7A and 7B.

The result of this research is the finding that there are correlations among the students' Bilingual Physics competence, English proficiency and Motivation.

**Key words :** Bilingual, correlation, Physics competence.

### **Introduction**

The 21<sup>st</sup> century is the beginning of the globalization era. Indonesia is one of the countries that is also influenced by the trend. One of the globalization's impacts is that, there are many schools in Indonesia which are adopting the International Standard Curriculum. Those schools obligate their students to comprehend standard English and use it in their daily conversation. Some subjects are given with English as the primary medium of instruction. This is also done to meet the parents' demand, because when they send their children to International Standard schools, they expect to improve their children's English. At the same time, there are several kinds of International Curricula to choose from, such as: the Bilingual Programme, Cambridge Programme (ICGSE), Singapore Curriculum, IB Diploma Programme and others.

In Indonesia, English is a foreign language. It is not used in daily life conversation and people have little exposure to English. It causes students to have difficulties in learning content subjects in English. In mathematics, students use language to communicate and to understand the concepts. Language helps students to mold perception and structure ideas. Since the formulas and mathematical concepts are delivered through the English language, this may create problems for the students as well as the teachers in learning and teaching this subject and may slow down the learning process. In mathematics, the main focus is mathematics not English. English is used to help students learn

mathematics better. However if the students don't understand English well, they will not be able to grasp the mathematical concepts. Studies (Dawe, 1983; Jones, 1982; Garbe, 1985; Cuevas, 1984) suggest that students who learn mathematics in a language other than their mother tongue usually have problems with the language and fail in mathematics. Bell (2003) stated that mathematics achievement is generally not easy for students learning through their L1 because of the highly specialized mathematical terms with a variation of meanings, which are different from those used in the everyday language. Therefore it will be more difficult for L2 learners who have to struggle with both the English language and the mathematical expressions. Therefore, the writer aims at developing the pupil's interest in mathematics, as well as creating opportunities for communicating in a mathematical language and its special expressions. It should also give students the opportunity to discover values in mathematical patterns, forms and relationships, as well as experience in solving mathematical problems and therefore experience the satisfaction and joy in understanding and solving problems (Skolverket, 2007).

English language learners usually have difficulties in learning content subject in English. That difficulty is problematic to students in many parts of the world; and is also the case within to the students of many high school in Surabaya. To make the learning process easier and more effective, a Class Action Research (CAR) is needed. Therefore teachers and students should seek together to find a better solution. CAR is a systematic investigation conducted by practitioners to obtain information, analyze it and immediately improve the teaching and learning process. In a CAR, a teacher becomes an 'investigator' or 'explorer' of his or her personal teaching context, while at the same time being one of the participants in it. The central idea of the action part of a CAR is to intervene in a deliberate way in a problematic situation in order to bring about changes and even better, improvements in practice.

A recent study on content and language integrated learning shows that when students were given problem-solving questions that required them to read said questions or statements, also to think, analyze and carry out the needed computations, most students did not have the needed problem solving strategies. The more the students master the language, the better their performance in mathematics (Latu, 2005).

Another recent study on content and language integrated learning was done by Pip Neville-Barton and Bill Barton (2005) who have done a research on the relationship between the English language and the mathematical learning process for non-native speakers. They found out that, in general, students performed worse than what was expected by the teachers.

The most recent study on content and language integrated learning was done by Kgomo Getrude Garegae (2008). In his research, he stated that the second language learners face a double jeopardy in a mathematics class. He did his research in Botswana schools at junior secondary level. He found out that most students who are fluent in English had difficulties in using selected terms in mathematics. From the result he can not claim that being good in every day or

general English, guarantees that a student knows and understands the mathematical language.

## **Review of Related Literature**

In teaching English as a Second Language (ESL) many linguist agree upon the use of content based material as “Input must be comprehensible to the learner and be offered in such a way as to allow multiple opportunities to understand and use the language, so that acquisition will take place” (Krashen, 1981, 1982 in Tjandra Wijaya). Many authentic reading passages on real sociology, history, law, science: physics, chemistry, biology; mathematics, etc. are being used to teach the English language to ESL students with great success, world wide.

The situation in Indonesia is no different but there is another challenge for current students as they are also required to be able to study, learn and master sociology, history, law, science, mathematics, etc. in English in this global era to compete with other English speaking experts (bill no.19, 2005). Most of these above mentioned content subjects’ innovations are also in English, making it a global language, and forcing experts to master it.

### *1. Students, the object.*

Who are the students? If our target is a hundred percent achievement, our target is all the students, from Play group (ages 2-4 years), Kinder-garten (4-6 years) to the University level. Play-group and Kinder-garten are good opportunities to teach

the tiny-tods nursery rhymes, so that learning English is totally fun. And when the learning of English becomes harder in higher grades, the fun factor would be a very soft pillow to fall on. Science and Physics is only a fetus or embryo here, maybe connected to some adjectives such as “Leaves are green or Ice is cold or Sunshine is warm and Flowers are beautiful”.

Elementary school is good for “Story telling”. English children story books and movies abound, from the Classics such as Charles Dickson’s, Mark Twine’s etc., the Discovery channel to fantastic cartoon movies of Disney and Japan. Through listening and reading; vocabulary, grammar and sentence structure are acquired (receptive function). Through answering comprehensive questions, retelling, making summaries etc. the productive function is achieved. Science and Physics should start with the students’ surroundings, such as: “Falling apples , reflected sunlight etc.” (1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> grade) and follow the Indonesian Department of Education rules later (3<sup>rd</sup>-6<sup>th</sup> grade).

In the Junior and Senior High Schools the curricula is according to the Government stipulations which is compulsory for the state as well as the private schools. The law is also stipulating the English language use for the teaching-learning of the content subjects (bill no. 19 year 2005), the only challenge being the students low English proficiency.

Many universities are demanding a Toefl score of 450 – 500 of their graduates, which commensurate to the work-place requirement. Most companies are seeking employees with sufficient Toefl scores. It is very easy to teach

university students English based content subjects, because most of the original text books are in English. Original Mathematics, Science, Business etc. text books are published in such English Countries as the UK, the USA and even India.

This research on teaching students one English content subject which is Physics in English will be focusing on first grade Junior High School students, classes 7A and 7 B.

Note : According to some speakers at the Seminar on “English across the curriculum” (Widya Mandala University, May 2010), finding the teachers and lecturers of the English content subjects is another challenge which is not going to be discussed here, because this research does not reach that area.

## *2. Scaffolding.*

Scaffolding is providing a weak learner with a great deal of support during his or her early stages of study, and slowly diminishing said support while the learner is improving his or her proficiency. At the end, hopefully, the learner is ready to take full responsibility of his or her own need to improve the required skills to be productively using them (Rosenshine & Meister; 1992, in Wikipedia). So scaffolding is very compatible to the Indonesian situation. In teaching students a content based subject at the St. Katarina Catholic Junior High School, the bilingual method was chosen. The Physics book is bilingual and so is the transfer of knowledge from the teacher to the students. Most of the time only the English part of the book will be read together in class, building the students curiosity as to its Indonesian meanings, that they can read by themselves in the book. The teacher’s explanation will also be spoken in English and translated into Indonesian where and when needed. We are not hoping to be able to use complete English at the end of this research as it is only to be conducted in 36 (thirty-six) days. The predicted time of transferring  $L_1$  to  $L_2$  by the Two-way Bilingual Immersion Program in California is five to seven (5-7) years (California Department of Education n.d.).

## *3. Bilingual education.*

Bilingual education is as old as the Roman Empire. When it defeated the Greeks, they started learning the Greek culture and language. Now Bilingual education involves teaching academic content subjects in two languages, in a native ( $L_1$ ) and secondary language ( $L_2$ ) in most countries and in an Immigrant’s native language ( $L_1$ , usually Spanish) and the new country’s language ( $L_2$ : English) in the U.S.A.

### *3.1. Bilingual Learning Systems.*

There are a few Bilingual Learning or teaching systems, among others

1. **Transitional Bilingual (Early Exit) Education** This involves education in a child's native language, typically for no more than three years, to ensure that students do not fall behind in content areas such as math, science, and social studies while they are learning English. The goal is to help students transition to mainstream, English-only classrooms as quickly as possible, and the linguistic goal of such programs is English acquisition only.

2. **Two-Way or Dual Language Immersion** Bilingual Education. These programs are designed to help native and non-native English speakers become bilingual and biliterate. Ideally in such programs in a U.S. context, half of the students will be native speakers of English and half of the students will be native speakers of a minority language such as Spanish. Dual Language programs are less common in US schools, although research indicates they are **extremely effective** in helping students learn English well and aiding the long-term performance of English learners in school. Native English speakers benefit by learning a second language. English language learners (ELLs) are not segregated from their peers.<sup>[1]</sup>
  3. Another form of Bilingual Education is a type of **Dual Language** program that has students study in two different ways:
    - a. A variety of academic subjects are taught in the students' second language, with **specially trained bilingual teachers** who can understand students when they ask questions in their native language, but always answer in the second language.
    - b. Native language literacy classes improve students' writing and higher-order language skills in their first language. Research has shown that many of the skills learned in the native language can be transferred easily to the second language later. In this type of program, the native language classes do not teach academic subjects. The second-language classes are content-based, rather than grammar-based, so students learn all of their academic subjects in the second language.
  4. **Late-Exit or Developmental** Bilingual Education. Education is in the child's native language for an extended duration, accompanied by education in English. The goal is to develop literacy in the child's native language first, and transfer these skills to the second language.
- 3.2 Benefits of bilingualism : Many benefits are to be gained in the application of bilingual systems :
1. The students receive adequate exposure to the Second Language; because bilingualism creates opportunities for second language use through:
    - a. The use of formal and informal language structures.
    - b. The use of academic, social and technical language.
    - c. Teacher directed instruction as well as student collaborative group activities.
  2. The students receive enhanced academic and linguistic competence in two languages,.
  3. The students experience development of skills in collaboration and cooperation activities.
  4. The students learn to appreciate other cultures and languages.
  5. The students will show better cognitive advantages.
  6. The school will experience a lower drop-out rate.
  7. The students will have a higher interest in attending colleges and universities.
  8. The students develop a higher self esteem.
  9. The students will have increased job opportunities.

- 3.3 The challenges of a Bilingual education: Conversely, there are also challenges in executing the bilingual education now:
1. The absence of good bilingual books. The writer found that many bilingual books need a lot of editing.
  2. According to many speakers at the Seminar of English across the Curriculum (Widya Mandala University , 2010): there is also an absence of qualified Instructional Personnel.
  3. A qualified personnel should have the knowledge of : (The California department of Education)
    - a. The academic content and the curriculum.
    - b. The theories and strategies for the development of biliteracy.
    - c. The Two-Way bilingual immersion (TWBI) model.
  4. The qualified personnel should have a Native-like proficiency in the language of instruction.
  5. The qualified personnel should have a Culturally competent Biliteracy.
  6. The program duration should be 5-7 years.
- 3.4 The current situation. In Indonesia now (2011), most schools are conducting the **Late exit or Developmental** mode and transfer of content subjects are done by the students themselves. Some International Standard Schools or *Sekolah Bertaraf International* are using the **Dual Language** mode: teaching science and mathematics bilingually and social sciences, such as history and geography in Indonesian. According to the writer, in the future, these schools should use the **Transitional** (early exit) mode for better results.

#### 4. Learning Motivation

##### Motivation.

Motivation is the driving force which causes one to achieve goals (Wikipedia). According to various theories, motivation may be rooted in a basic need to **minimize pain** and **maximize pleasure**. Including the basic needs of eating and resting, there are also specific needs such as obtaining a desired object or goal, a state of being , an ideal or for less-apparent reasons; altruism, selfishness or morality. Motivation is related to, but distinct from emotion.

##### Motivation concepts.

##### Intrinsic and Extrinsic motivation.

**Intrinsic motivation** exists within the individual. It is driven by **an interest in and an enjoyment of** the task itself. According to *Fritz Heider's attributive theory*, *Bandura's (1997)work on Self-efficacy* and *Deci and Ryan's (1985) cognitive evaluation theory* (Wikipedia), it can result in high educational achievement and enjoyment by Students. Students are likely to be intrinsically motivated if they :

- a. attribute their educational results to internal factors that they can control (e.g. the amount of effort they put in )
- b. believe they can be effective agents in reaching desired goals (i.e. the results are not determined by luck)

- c. are interested in mastering a topic, rather than just rote-learning to achieve good grades.

**Extrinsic motivation** comes from outside of the individual. **Rewards** such as money and grades; and coercion and threat of **punishment**. Competition is generally extrinsic, because it encourages the performer to win and beat others; not to enjoy the intrinsic rewards of the activity. A crowd cheering on the individual and trophies are also extrinsic incentives.

The **self-determination** theories proposes that extrinsic motivation can be internalized by the individual if the tasks fits with the students' **values and beliefs** and therefore helps to fulfill their basic psychological needs. **Parents and teachers** can shoulder a very big responsibility here and teach students their values and beliefs, so they have a great chance of building the intrinsic motivation of students. Parents teach small children "cleanliness" and these children will be unhappy in a dirty place. Teachers teach students "honesty" and students will feel uncomfortable lying.

## **Research Methodology**

**Research Design.** This research makes use of the Descriptive method, in its preliminary form.

**Population and sample,** The population of this study is the students of the Catholic Junior High School (SMPK) of Santa Katarina in Surabaya, Indonesia. The sample is the first year students of said school, 30 students in class 7A and 31 students in class 7B, a sum of 61 students, during the first semester of the 2010-2011 school year.

**Sampling method.** The seventh grade of school is almost like a new beginning for most children. A great physical change usually starts, the change from childhood to adolescence. From a life of playing to that of responsibility. In elementary school Physics is only taught at an introductory level, nothing serious, with a lot of play and fun. Starting at the seventh grade or Junior High School all science subjects, including Physics, are taught seriously, extensively and with precise calculations. So the writer considers doing a research on the seventh grade students might probably result in many good findings, as the students opinions and motivations have not been tainted by former Physics lessons and teachers that the students might have liked or disliked.

**Types of Data and their Collecting method.** The necessary / needed data in this study are Quantitative data, which are :

1. The bilingual Physics test score.
2. The Indonesian Physics test score.
3. The midterm English proficiency score.
4. The motivation score .

These above mentioned data were obtained as such :

1. Through a bilingual daily achievement test.
2. Taken from the Physics teacher's document.
3. Taken from the English teacher's document.



## 4. Through a specially composed questionnaire

**Findings and Discussions**

The data was analyzed as such: The Product moment / Pearson was used to analyze the correlation between the above mentioned aspects. For each pair of the three components summarized., the writer calculated the correlation between the two components involved in each pair using the SPSS (Statistics Program for Social sciences), therefore, there are three correlations to be considered. The results of the calculations and the coefficient of correlation at a 5% level of significance are summarized in table 4.1. The result of the data analysis and the result of the calculation shows that the value of  $r$  was greater than the  $r$  table for the three correlations intended. Based on said findings, it was proven that there is a significant correlation between all three aspects.

**Table 1. Coefficient of correlation.**

Subject	Correlation coefficient	Conclusion ( $\alpha = 5\%$ ) $r_{\text{table}} = 0.254$
Physics vs Motivation	0.311	Significant
English vs Motivation	0.335	Significant
English vs Physics	0.469	Significant

The first year students of the Catholic Junior High School of St. Katarina were taught Physics in two languages, the English as well as the Indonesian languages, according to the National curriculum standard. They were given many assignments and tested accordingly. The test consisted of two parts, which were the objective and subjective parts. The objective part, was a multiple choice test that offered four options. The students were assigned to choose only one correct answer from these four options. The subjective part incorporated the drawing of Physics equipment which are Thermometers, according to the sub-topic being taught. Sometimes to solve Physics problems such as the ratio of the Thermometer Scales, students also need good mathematics, another challenge. The mean of the Physics competence score is 51., which is not yet perfect and proves the challenges that some of our students are facing.

The mean of the English proficiency scores is much better (72.), which is the fruit of the concerted efforts that the St. Katarina school is making. The students are obliged to take extra English classes in the afternoon. Some students could answer the writer's comprehension questions in English. Some solved Physics problems in English and one girl spoke to the writer in English.

The Motivation score is 2.9 out of 4, which is equivalent to 72.5 which is sufficient too. Many of these young children, of about 12-13 years, are well motivated to study Bilingual Physics, showing a high intrinsic motivation, enjoying the tasks that the writer assigned them to do. They were also very curious, asking the writer many questions, and during the experiment that proves human beings to be a poor measurement equipment of temperature, all students were very enthusiastic. If the classes are held for a longer period of time, the writer is convinced that the students will be able to improve their Bilingual Physics competence, as the California Department of Education proved that it did take 5-7 years to get an optimum result. These students are kind of ready to start

content subjects in English, hence the significant correlation between the English proficiency and the Bilingual Physics competence of 0.469. Thus the students' high English proficiency can be used as a helpful device to motivate the students to learn Physics in the English language, although through the scaffolding of Bilingualism in the class room as hoped by the government and the intellectuals of Indonesia.

### **Conclusions and Suggestions**

Based on the research conducted at the St. Katarina Catholic Junior High school (SMPK), the writer concludes that there are significant correlations between the students' Bilingual Physics competence versus their Motivation, the students' English proficiency versus their Motivation, and the students' English proficiency versus their Bilingual Physics competence.

Among these correlations, the strongest correlation (0.469) is between the students' English proficiency versus their Bilingual Physics competence, which, according to the writer is quite logical, because those with a higher English proficiency might first, be more intelligent and secondly, might have understood the Bilingual Physics better. So starting to teach English as a second language early on is a good option.

The second best correlation (0.335) is also between the students' English proficiency versus their Motivation. Thus, the English proficiency enhances the students' Motivation as well. The third correlation between the students' Physics competence versus their Motivation is not much different (0.311),

In this last section, the writer hopes to be able to present some suggestions that might be useful for all readers

1. To evoke the students' interest in Physics, especially in English Physics, many kinds of scaffolding strategies should be invented. Many aspects influence the students' motivation. One of these aspects is the students' background knowledge. The Fun aspect should be incorporated in the Early education program (PUAD) that already existed. Psychologist and Educators should incorporate the best programs for the PUAD and not really leave it to volunteers who are very enthusiastic but maybe in need of some directives.
2. When the students have the background knowledge and the internal curiosity in looking at their surroundings, it will help them comprehend the explanations given in classrooms later. Knowing some facts about the material that they have to master from the Elementary to the Senior High School, the students' motivation would stay at a constant high. Especially if they can show off, the contents of their brains to their class mates or other friends and acquaintances. Conversely, students with less knowledge, will feel discouraged. The louder their other classmates are answering the teacher's questions, the lesser their self-esteem and confidence become. The more they droop their heads lower and lower and try to disappear in their seats. Completely unfamiliar material will only confuse the students and they do not know what to comprehend, as classes are conducted at a fast pace. If this condition occurs repeatedly, these students will suffer in the classroom. High grades and accolades not even within reach of their imagination.

3. Now is the time for good content teachers and lecturers to work hard and prepare the coming generation for the current globalization era. If we don't jump forward, we would be left behind. The allocation of time should be the schools and other institutions consideration. The allocation of funds can assist schools in contextualizing the needed Physics material, as it can increase the students' intrinsic motivation so much compared to the usual abstract material ( Whyte, 2007 in Wikipedia). The remuneration package of the teachers, the last but not least consideration to attract qualified persons to choose the teaching profession as their future and sustainable existence; should be well calculated.
4. Students entering schools or other institutions should be tested for their English proficiency, and separated according to their pre-test grades. This will save some time for the better equipped students, and not bore them to death waiting for their less fortunate friends to catch up with those privileged ones.

## REFERENCES

- Arcana, Nyoman, 1996, *Pengantar Statistika II*, Widya Mandala Catholic University.
- California Department of Education (n.d.), *Two-Way Bilingual Emersion*, Google, Internet.
- Etsa Indra Irawan & Sunardi, Editor: Zulfiani, 2009, *Pelajaran IPA FISIKA Bilingual untuk SMP/MTs. Kelas VII*, Penerbit YRAMA WIDYA, Bandung.
- Halliday and Resnick, n.d. *PHYSICS, part I & II*, New York, John Wiley & Sons.
- Ibrahim, Jusuf , May 2010, *English across the Curriculum*, Seminar, Widya Mandala Catholic University Surabaya.
- McAlpine, Mhairi, (n.d.) *Principles of Assessment*, Google, Internet.
- Noel, Brad , 2007, *Teaching Science in English*, Classes, Widya Mandala Catholic University Surabaya.
- Piet Verschuren and Hans Doorewaard, 1999, *Designing a Research Project*, Uitgeverij LEMMA B.V. P.O.Box 3320, 3502, GH UTRECHT, The Netherlands.
- Soedjatmiko, Wuri, May 2010, *English across the Curriculum*, Seminar, Widya Mandala Catholic University, Surabaya.
- Tedjasuksmana, Hendra, (n.d.) *Bilingual Education*, Seminar, Petra Christian University Surabaya.
- Tjandra Wijaya, Jaqualine, 2007, *Teaching Math in English*, Classes, Widya Mandala Catholic University Surabaya.
- Wikipedia, 23 March 2011, *Bilingual Education*, Google. Internet.
- Wikipedia, 2010, *Motivation*, Google, Internet.
- W.O.CHAN & T.S.HO, 1984, *PHYSICS, A New Approach, Second Edition*, MACMILLAN Publishers, Ltd., Hongkong.

**PEMBUATAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) MATEMATIKA  
APLIKATIF DAN INTERAKTIF UNTUK SEKOLAH DASAR (SD)  
KELAS 6**

**Surya Arif Kartono, S.Pd  
XIN ZHONG SCHOOL SURABAYA**

**Abstrak.** Salah satu penunjang keberhasilan dalam pembelajaran adalah pemahaman konsep serta media atau sarana yang mendukung pelaksanaan (PBM) Proses Belajar Mengajar. Seiring dengan perkembangan teknologi komputer, seharusnya terus dikembangkan media pembelajaran berbasis komputer yang bertujuan mempermudah pemahaman konsep matematika. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Lembar Kerja Siswa (LKS) yang aplikatif dan interaktif, guna mengetahui gambaran efektivitas penggunaan LKS matematika tersebut. LKS aplikatif dan interaktif ini merupakan LKS yang disajikan dengan modul pembelajaran yang aplikatif serta program komputer berbasis web yang interaktif. LKS ini didesain agar mampu memberikan umpan balik berdasarkan respon yang diberikan siswa, kemudian disampaikan dengan menggunakan media web. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dan pengembangan berbasis elektronik. Serta prosedur pengembangan meliputi: studi eksplorasi, pengembangan bentuk awal produk berupa modul pembelajaran berbentuk LKS, validasi (validasi ahli, uji lapangan), dan revisi program berdasarkan hasil validasi. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara dan angket, kemudian dianalisis secara deskriptif. Pengembangan dilakukan di Xin Zhong School Surabaya. Hasil penelitian berupa web yang diberi judul PEMBUATAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) MATEMATIKA APLIKATIF DAN INTERAKTIF UNTUK SEKOLAH DASAR (SD) KELAS 6. Dari data yang dikumpulkan tersebut mengidentifikasi bahwa penggunaan LKS aplikatif dan interaktif memiliki potensial efek pada pembelajaran.

**Kata kunci:** lembar kerja siswa, media berbasis komputer, matematika, aplikatif dan interaktif

**Pendahuluan**

Keberhasilan proses belajar mengajar tidak hanya ditentukan oleh pendidik (guru) maupun peserta didik, tetapi juga dipengaruhi oleh sarana pembelajaran yang digunakan. Oleh karena itu dibutuhkan pemahaman konsep dasar matematika yang cukup baik dalam pembelajaran. Selain itu di kelas 6 (enam) para siswa dituntut mencapai target kelulusan dari pemerintah, yaitu melalui program UNas (Ujian Nasional) yang diadakan setiap tahunnya pada akhir jenjang pendidikan Sekolah Dasar (SD). Pemahaman konsep dan tuntutan target yang membuat para guru harus kreatif dan inovatif dalam membuat perubahan, agar para siswa siap menghadapi tantangan. Setidaknya kesulitan dalam pemahaman konsep dasar matematika ini terungkap dari sedikitnya siswa yang memperoleh skor di atas 70 dalam Ulangan Akhir Sekolah (UAS). Siswa

kelas 5 Sekolah Dasar (SD) misalnya, hanya 40% yang memperoleh skor di atas 70. Selain karena sifat mata pelajaran matematika memang sulit, ada tiga penyebab lainnya mengapa skor tes siswa rendah, yaitu sebagian siswa mempunyai kemampuan akademis yang rendah, kurang membaca teori dan latihan. Oleh karena itu, salah satu sarana pembelajaran aplikatif dan interaktif yang dapat digunakan untuk membuat bahan ajar termasuk didalamnya teori singkat, simulasi, latihan soal dan soal adalah melalui Lembar Kerja Siswa (LKS) aplikatif dan interaktif.

Maka dalam makalah ini dibahas bagaimana proses pembuatan dan analisis data hasil yang dapat diperoleh dari penggunaan media pembelajaran Lembar Kerja Siswa (LKS) berbasis web pada pelajaran matematika di kelas 6 Sekolah Dasar (SD). Diharapkan dengan adanya LKS ini, tingkat pemahaman dan hasil belajar peserta didik terhadap bahan ajar akan meningkat. Oleh karena itu, peneliti mencoba membuat media pembelajaran yang diberi judul Pembuatan Lembar Kerja Siswa (LKS) Matematika Aplikatif dan Interaktif Untuk Sekolah Dasar (SD) Kelas 6.

## **Kajian Pustaka**

### **Media Pembelajaran Interaktif**

Penggunaan media pembelajaran berbasis komputer terutama web sudah banyak dilakukan di berbagai negara. Peran komputer dalam institusi-institusi akademis matematika antara lain digunakan dalam perhitungan-perhitungan numerik dan pembuatan program-program simulasi untuk memudahkan pemahaman. Serta bagi pendidik yang dapat mengembangkan bahan ajar, mereka akan lebih kreatif, inovatif dan profesional dalam pencapaian integritas sebagai pendidik.

### **Macromedia Flash 8**

Macromedia merilis beberapa program aplikasi yang salah satunya adalah Flash. Flash sengaja didesain untuk keperluan presentasi, desain web, animasi dan pembuatan interaktif movie. Kefleksibelan program ini mampu menampilkan animasi dan pemrograman yang ada dan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan program simulasi matematika dengan tampilan yang bagus dan pengolahan data yang kuat. Pada versi Flash 8, Macromedia Flash sudah mengandung beberapa fasilitas seperti *numeric stepper*, *combo box* dan *slider* yang nantinya akan digunakan dalam media pembelajaran pada pelajaran matematika.

Kemampuan Flash dalam pemrograman dengan sistem *Object Oriented Programming* (OOP) menggunakan action script memungkinkan programmer menggunakannya untuk berbagai keperluan seperti perhitungan matematis dan operasi-operasi logika.

## **Metode**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dan pengembangan berbasis elektronik. Serta prosedur pengembangan meliputi: studi eksplorasi, pengembangan bentuk awal produk berupa modul pembelajaran berbentuk LKS, validasi (validasi ahli, uji lapangan), dan revisi program berdasarkan hasil validasi. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara dan angket, kemudian dianalisis secara deskriptif. Pengembangan dilakukan di Xin Zhong School Surabaya. Hasil penelitian berupa web yang diberi judul PEMBUATAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) MATEMATIKA APLIKATIF DAN INTERAKTIF UNTUK SEKOLAH DASAR (SD) KELAS 6. Dari data yang dikumpulkan tersebut mengidentifikasi bahwa penggunaan LKS aplikatif dan interaktif memiliki potensial efek pada pembelajaran. Kelayakan ini dilihat dari kesesuaian antara produk dengan tujuan yang ingin dicapai. Berdasarkan tujuan penelitian ini, web yang dibuat mengalami pengujian yang menyangkut tiga aspek, yaitu: aspek materi matematika, aspek instruksional, dan aspek penampilan. Aspek materi berkaitan dengan kebenaran konsep matematika. Aspek Intruksional berkaitan dengan kejelasan standar kompetensi yang ingin dicapai, kejelasan petunjuk belajar, kemudahan memahami materi, keluasaan dan kedalaman materi, ketepatan urutan penyajian, dan interaktifitas. Aspek tampilan meliputi kejelasan petunjuk penggunaan, keterbacaan, sistematikanya, kualitas tampilan gambar, animasi, komposisi warna dan kualitas narasi. Data dikumpulkan dengan menggunakan teknik observasi, wawancara, kuesioner. Teknik observasi digunakan pada saat melakukan pengamatan terhadap pengguna ketika mengoperasikan komputer.

## **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Sesuai dengan tujuan penelitian/pengembangan, hasil pengembangan ini berupa web pembelajaran yang diberi judul PEMBUATAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) MATEMATIKA APLIKATIF DAN INTERAKTIF UNTUK SEKOLAH DASAR (SD) KELAS 6. Setelah diujicobakan didapat masukan dari guru dan siswa, kemudian dari masukan-masukan itu dilakukan lagi revisi program. Program diujicobakan pada siswa kelas 6 SD sebagai wakil calon pemakai. Setelah diujicobakan kepada siswa maka program direvisi lagi berdasarkan komentar-komentar dari siswa. Cara pengujian dilakukan dengan menggunakan angket. Data yang diperoleh dari angket dirangkum, kemudian diolah menjadi bentuk persentase (%) dan dirangkum menjadi dua kolom pilihan (SS + S dan TS + STS).

Berdasarkan data yang diperoleh, 100% siswa menyatakan program menarik karena melalui web serta lebih mudah mengingat karena adanya animasi, 94% siswa menyatakan program dapat mempercepat pemahaman, 100% siswa dapat dipelajari sendiri, 90% siswa menyatakan tidak ada kesulitan dalam membuka dan mengoperasikan program. Data yang diperoleh siswa yang diambil dari sampel, tidak ada yang menyatakan program media pembelajaran ini menambah kebingungan bagi mereka. Komentar-komentar yang didapat menyatakan perlu diberikan contoh soal dalam program. Namun secara umum

dinyatakan program ini sudah cukup bagus. Berdasarkan data yang diperoleh, persentase mengidentifikasi program ini baik 96%.

Dengan demikian, program media pembelajaran matematika di kelas 6 yang telah dibuat dapat dikatakan baik. Meskipun program media pembelajaran berbasis web tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran guru, namun program media pembelajaran ini dapat membantu siswa untuk memahami konsep dasar matematika dan secara mandiri siswa dapat memperdalam materi yang telah disampaikan guru di sekolah.

### Kesimpulan dan Saran

LKS yang aplikatif dan interaktif berbasis web pada pelajaran matematika di kelas 6, telah dibuat dan diujicobakan. Setelah diujicobakan kepada beberapa siswa kelas 6 SD. Dari hasil ujicoba secara umum mengatakan bahwa program sudah cukup bagus. Program media pembelajaran LKS matematika ini dilengkapi dengan animasi-animasi yang dapat memperjelas konsep. Program ini dapat dimanfaatkan oleh siswa sebagai persiapan sebelum diajarkan oleh guru, UNas (Ujian Nasional), ataupun untuk pengetahuan setelah diajarkan di kelas. Program ini juga dapat dimanfaatkan oleh guru sebagai media pengajaran di kelas.

### DAFTAR PUSTAKA

- AK, Surya.** (2009). *Pembuatan Media Pembelajaran Berbasis Komputer Pada Pokok Bahasan Kapasitor Untuk SMA* (Skripsi). Surabaya: Unika Widya Mandala Surabaya.
- Finklestein, Iris.** (1984). *Shapes and Colors*. New Yorks: Golden Books
- Hasanuddin & Noviyanto, F.** (2002). *Pemrograman Actionsript dengan Flash dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi
- Hayes, Margie.** (1988). *Math Readness*. New Yorks: Western Publishing Company
- Mohler, JL.** (2004). *Flash MX 2004, Graphics, Animation, and Interactivity*. Canada: Thomson Delmar Learnig.
- Natalia, Desiana.** (2010). *Pembuatan Media Pembelajaran Berbasis Web Dengan eXe Pada Pokok Bahasan Listrik Dinamik Untuk SMA* (Skripsi). Surabaya: Unika Widya Mandala Surabaya
- Soenarjo, RJ.** (2008). *Matematika SD dan MI Kelas 6*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Sukandi, Ujang dan A. F. Tangyong.** (1991). *Penggunaan Kertas Berpetak dalam Matematika*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pendidikan dan Kebudayaan, Pusat Pengembangan Kurikulum dan Sarana Pendidikan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
- Thomson, Linda.** (1990). *Math 4,5,6*. New Yorks: Western Publishing Company

**PENYELESAIAN ANALITIK MODEL *TOTALLY ASYMMETRIC EXCLUSION PROCESS* (TASEP) DENGAN SATU KEKISI**

**Elisabeth Pratidhina Founda Noviani dan  
Wipsar Sunu Brams Dwandaru**

**Jurusan Pendidikan Fisika  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**Abstrak.** *Persamaan Master adalah sebuah persamaan diferensial fenomenologis orde pertama yang penyelesaiannya memberikan evolusi waktu dari (fungsi) peluang suatu sistem fisis. Jika informasi tentang kelajuan transisi dari satu keadaan (mikroskopis) ke keadaan yang lain telah diketahui, maka persamaan ini secara formal dapat diselesaikan. Dalam kajian ini, persamaan Master akan diterapkan pada sebuah model matematis yang dikenal dengan sebutan totally asymmetric exclusion process (TASEP). Aplikasi persamaan Master ini dibatasi pada sebuah kasus sederhana, dimana kekisi yang digunakan hanya berjumlah satu buah. Kajian ini dapat digunakan sebagai pengayaan bahan ajar untuk mahasiswa terutama dalam mata kuliah Matematika untuk Fisika karena model TASEP berkaitan erat dengan sistem-sistem fisis, seperti lalu lintas kendaraan, jejak atau lintasan sekumpulan semut, motor protein, sampai protein sintesis.*

**Kata kunci:** *persamaan Master, TASEP*

**Pendahuluan**

Manusia dapat memahami gejala-gejala alam karena berkembangnya ilmu Fisika. Gejala-gejala atau fenomena alam ini selanjutnya dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas dan kesejahteraan hidup masyarakat. Dilihat dari dinamikanya, gejala-gejala alam dapat dibagi menjadi dua, yaitu: gejala alam yang berada dalam keadaan setimbang atau statik (*equilibrium phenomena*), dan gejala alam yang tak-setimbang (*non-equilibrium phenomena*). Termasuk ke dalam gejala alam setimbang adalah peristiwa-peristiwa fisis yang tak tergantung waktu sehingga perubahannya bersifat stasioner. Gejala-gejala semacam ini telah banyak dipelajari di dalam fisika, terutama melalui kacamata fisika statistik dan termodinamika. Sebaliknya, gejala-gejala alam yang tak-setimbang belum banyak dipelajari. Fenomena-fenomena alam yang dinamikanya masih tergantung waktu dan perilakunya tidak dapat diprediksi, seperti gempa bumi, turbulensi, perilaku sekompok burung yang terbang, perilaku sekelompok semut, protein sintesis, dan motor protein tergolong dalam gejala-gejala alam yang tak-setimbang. Tingkat kompleksitas peristiwa-peristiwa tak-setimbang justru menjadi daya tarik tersendiri untuk diselidiki. Di dalam fisika statistik misalnya, konsep-konsep yang berlaku di dalamnya dikembangkan untuk menjelaskan perilaku mikroskopis penyusun-penyusun sistem pada gejala-gejala fisis yang setimbang. Fisika statistik (setimbang) tidak dapat menjangkau gejala-gejala alam yang tak setimbang.



Salah satu cara untuk menangani kerumitan sistem-sistem tak setimbang adalah dengan pemodelan. Dalam artikel ini akan dibahas penyelesaian analitik sebuah model fisis tak setimbang, yakni *totally asymmetric exclusion process* (TASEP). Model ini biasanya digunakan sebagai model baku untuk mempelajari *driven diffusive systems*. Contoh sistem-sistem seperti ini adalah protein sintesis, motor protein, perilaku sekelompok semut, dan lalu lintas kendaraan. TASEP adalah sebuah model fisis tak-setimbang dimana partikel-partikel inti keras (*hard core*) dalam kekisi satu dimensi (1D) dapat melompat ke sebelah kanan dengan peluang tertentu jika tidak ada partikel lain yang menduduki kekisi tetangga sebelah kanannya. Model ini pada awalnya digunakan untuk mempelajari kinematika biopolimerisasi (MacDonald, et.al. : 1968; Pipkin dan Gibbs : 1966). Pada perkembangannya model ini banyak digunakan untuk mempelajari *transport* satu dimensi (Parmeggiani, et.al.: 2004; Frey, et.al. : 2004). Bahkan, performa jaringan internet tanpa kabel dapat dipelajari melalui model ini (Srinivasa dan Haenggi, 2010). Dalam penelitian ini, khusus akan dibahas tentang model TASEP yang sederhana, yaitu TASEP yang hanya terdiri dari satu kekisi atau  $N = 1$ , dengan  $N$  adalah jumlah kekisi.

Dari perspektif fisika statistik klasik, model TASEP dapat dibahas menggunakan persamaan Master. Persamaan ini merupakan persamaan diferensial parsial orde-satu yang mendeskripsikan evolusi waktu dari fungsi probabilitas suatu sistem fisis. Dengan demikian, persamaan diferensial ini harus dicari solusinya sehingga diperoleh himpunan fungsi-fungsi probabilitas yang bergantung waktu. Kemudian, dapat ditentukan hierarki fungsi-fungsi korelasi, dari *one-body quantity* (kepadatan), *two-body quantity* dan seterusnya. Berbagai metode dapat digunakan untuk mencari solusi dari persamaan Master bergantung pada model fisis yang diteliti (Schutz : 1997; Derrida : 1992; Helms : 1965; Keizer : 1971; Nicolis dan Mansour : 1997). Dalam artikel ini akan ditunjukkan penyelesaian model TASEP dengan satu kekisi menggunakan persamaan Master.

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menyelesaikan secara eksak persamaan Master untuk model TASEP yang terdiri dari satu kekisi.
2. Menentukan sifat-sifat fisis model TASEP dengan satu kekisi melalui kepadatan (*one-body density*),  $\rho$ , dan rapat arus,  $J$ .

Kajian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai: i) bahan ajar untuk tingkat perguruan tinggi, khususnya matakuliah yang terkait dengan penyelesaian persamaan diferensial, serta ii) dapat menambah wawasan tentang model-model fisis yang dapat diterapkan untuk mewakili sistem-sistem fisis yang sebenarnya.

## Kajian Pustaka

Sejalan dengan definisi persamaan Master yang telah disinggung di atas, secara matematis persamaan ini dapat dituliskan sebagai (Vliet: 2008; Zwanzig: 2001; Kreuzer: 1981; Bellac: 1997):

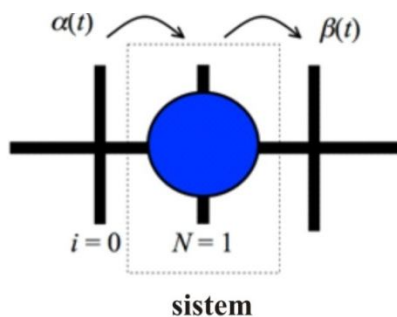
$$\frac{\partial P_n(t)}{\partial t} = \sum_{n'} [w_{nn'}(t)P_{n'}(t) - w_{n'n}(t)P_n(t)] \quad (1)$$

dengan  $n, n'$  adalah keadaan mikroskopis (konfigurasi),  $P_n(t)$  adalah fungsi peluang suatu sistem fisis untuk berada pada keadaan mikroskopis  $n$  pada waktu

$t$ ,  $w_{nn'}(t)$  adalah laju transisi dari keadaan mikroskopis  $n'$  ke keadaan  $n$ . Salah satu fitur yang menarik dari persamaan Master (1) adalah karakteristik fisis suatu

sistem fisis tersimpan dalam laju transisi  $w_{nn'}$  (Bellac: 1997). Dengan kata lain, laju transisi mendefinisikan sistem fisis yang sedang dipelajari. Oleh karena itu, jika himpunan laju transisi dari suatu sistem telah diketahui, maka pada prinsipnya, persamaan Master dapat diselesaikan.

*Totally asymmetric exclusion process* (TASEP) dengan batas terbuka (*open boundary*) dan terdiri dari satu kekisi adalah kasus khusus dari pemodelan umum sistem dua keadaan (*two state sistem*). Sistem ini hanya terdiri dari dua keadaan (konfigurasi) mikroskopik. Dengan demikian, ada dua fungsi peluang yang berkaitan dengan dua laju transisi (*transition rates*). **Gambar 1** berikut adalah ilustrasi yang menggambarkan model TASEP dengan satu kekisi.



**Gambar 1.** TASEP dengan batas terbuka dan terdiri dari kekisi tunggal. Kekisi digambarkan dengan garis tebal hitam yang ditandai dengan  $i = 0, 1$ . Lingkaran biru yang menempati kekisi  $N=1$  adalah partikel inti keras (*hard core particle*). Sistem yang ditinjau ditandai kotak garis putus-putus. Suatu partikel dapat memasuki kekisi  $N=1$  dari kekisi ke-0  $i=0$  dengan laju  $\alpha(t)$  (ditunjukkan dengan anak panah di sebelah kiri kekisi  $N=1$ ) jika tidak ada partikel di kekisi  $N=1$ . Jika ada partikel di kekisi  $N=1$ , partikel dapat meninggalkan kekisi dengan laju  $\beta(t)$  (ditunjukkan dengan anak panah di sebelah kanan kekisi  $N=1$ )

Sebuah partikel dapat memasuki kekisi yang kosong dengan laju (*rate*)  $\alpha(t)$  dan keluar dari kekisi (yang terisi) dengan laju keluar  $\beta(t)$ . Dalam hal ini, diperoleh  $n = \{\tau_i\} \equiv 1, 2$  dengan  $n = 1 = \{\tau_1 = 1\}$  adalah keadaan mikroskopis dimana kekisi diisi oleh partikel, dan  $n = 2 = \{\tau_1 = 0\}$  adalah keadaan dimana

kekisi kosong (tidak ditempati oleh partikel). Dengan demikian, probabilitas kekisi diisi oleh partikel atau kosong pada waktu  $t$ , masing-masing adalah  $P_1(t)$  dan  $P_2(t)$ . Diasumsikan sistem berevolusi mulai dari  $t = 0$  dengan keadaan awal diberikan oleh  $P_1(t = 0) = P_1(0)$  dan  $P_2(t = 0) = P_2(0)$ . Selanjutnya, kedua probabilitas tersebut memenuhi syarat normalisasi,

$$\sum_n P_n(t) = P_1(t) + P_2(t) = 1 \quad (2)$$

pada setiap waktu  $t$ . Laju perpindahan (transisi) dinyatakan sebagai  $w_{12}(t) = \alpha(t)$  dan  $w_{21} = \beta(t)$ .

## Metode

Penelitian ini termasuk penelitian teoritis. Cara kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan model fisis yang akan diteliti. Dalam hal ini model fisis yang digunakan adalah TASEP.
2. Penyederhanaan model fisis dengan cara membahas model TASEP yang hanya terdiri dari satu kekisi.
3. Penyelesaian persamaan Master untuk model TASEP dengan sebuah kekisi.
4. Menentukan kepadatan kesisi dan rapat arus partikel.

Sedangkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. kertas (beberapa lembar)
2. pensil dan pena (masing-masing satu buah)
3. komputer (satu buah) dengan program yang dipakai meliputi MS Word dan Excel.

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

Persamaan Master untuk TASEP dengan sebuah kekisi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_1(t)}{\partial t} &= w_{12}(t)P_2(t) - w_{21}(t)P_1(t) \\ &= \alpha(t)P_2(t) - \beta(t)P_1(t) \end{aligned} \quad (3)$$

dan

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_2(t)}{\partial t} &= w_{21}(t)P_1(t) - w_{12}(t)P_2(t) \\ &= \beta(t)P_1(t) - \alpha(t)P_2(t) \end{aligned} \quad (4)$$

Menggunakan persamaan normalisasi (2) dan menyusun ulang persamaan (3) dan (4), maka didapatkan

$$\frac{dP_1(t)}{dt} + [\alpha(t) + \beta(t)]P_1(t) = \alpha(t) \quad (5)$$

dan

$$\frac{dR_2(t)}{dt} + [\alpha(t) + \beta(t)]R_2(t) = \beta(t) \quad (6)$$

Persamaan (6) dan (5) adalah persamaan diferensial linear biasa orde satu yang diperoleh dari persamaan diferensial parsial sebelumnya, yakni (4) dan (3). Persamaan (4) dan (3) dapat dimodifikasi menjadi diferensial penuh [persamaan (6) dan (5)] karena  $P_1(t)$  dan  $P_2(t)$  hanya merupakan fungsi waktu saja.

Tugas utama sekarang adalah menyelesaikan persamaan (5) dan (6) untuk mendapatkan solusi  $P_1(t)$  dan  $P_2(t)$ . Persamaan tersebut dapat diselesaikan dengan mengalikan masing-masing ruas dengan faktor pengali:

$$\exp\left(\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'\right).$$

Pertama, diselesaikan terlebih dahulu persamaan (4.3). Mengikuti langkah di atas maka,

$$e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \frac{dR_1(t)}{dt} + e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} [\alpha(t) + \beta(t)] R_1(t) = \alpha(t) e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \quad (7)$$

Di sisi lain, persamaan berikut didapatkan dari aturan perkalian (*product rule*):

$$\frac{d}{dt} \left( e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} R_1(t) \right) = e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \frac{dR_1(t)}{dt} + e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} [\alpha(t) + \beta(t)] R_1(t) \quad (8)$$

Ruas kanan Persamaan (8) tidak lain adalah ruas kiri dari persamaan (7), dengan memasukkan persamaan (8) ke persamaan (7) maka didapat

$$\frac{d}{dt} \left( e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} R_1(t) \right) = \alpha(t) e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \quad (9)$$

Persamaan (7) telah dimodifikasi menjadi persamaan (9) yang lebih mudah diintegrasikan. Selanjutnya, kedua ruas dikalikan dengan  $dt$  lalu diintegrasikan, sehingga didapat:

$$e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} R_1(t) = \int_0^t \alpha(t') e^{\int_0^{t'} [\alpha(t'') + \beta(t'')] dt''} dt' + e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \quad (10)$$

atau

$$R_1(t) = e^{-\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \left\{ \int_0^t \alpha(t') e^{\int_0^{t'} [\alpha(t'') + \beta(t'')] dt''} dt' + e^{\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \right\} \quad (11)$$

Dengan metode yang sama, ekspresi  $P_2(t)$  dapat diturunkan dari persamaan (6) dan didapat:

$$P_2(t) = e^{-\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \left\{ \int_0^t \beta(t') e^{\int_0^{t'} [\alpha(t'') + \beta(t'')] dt''} dt + A_2 \right\} \quad (12)$$

$A_1$  dan  $A_2$  masing-masing adalah konstanta dari probabilitas  $P_1(t)$  dan  $P_2(t)$ . Kedua koefisien ini dapat ditentukan dari syarat awal,  $P_1(0)$  dan  $P_2(0)$ . Dengan memasukkan  $t = 0$  pada persamaan (11) dan (12), maka didapatkan,

$$A_1 = P_1(0) \text{ dan } A_2 = P_2(0) \quad (13)$$

Persamaan (11) dan (12) adalah hasil akhir untuk fungsi probabilitas yang dicari. Ternyata fungsi probabilitas hanya bergantung pada  $\alpha(t)$  dan  $\beta(t)$ .

Selanjutnya kepadatan rerata partikel dapat dikalkulasi dengan persamaan berikut:

$$\rho_1(t) = \sum_{n=1,2} r_{1,n} P_n(t) = P(1, t),$$

sehingga

$$\rho_1(t) = e^{-\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \left\{ \int_0^t \alpha(t') e^{\int_0^{t'} [\alpha(t'') + \beta(t'')] dt''} dt + \rho_1(t) \right\} \quad (14)$$

dimana  $\rho_1(0) = P_1(0)$ .

Dari persamaan (14) dapat dilihat bahwa kerapatan hanya bergantung pada laju loncatan (*hopping rates*),  $\alpha(t)$  dan  $\beta(t)$ . Selanjutnya dinamika TASEP yang berubah terhadap waktu dapat dinyatakan:

$$\frac{d\rho_1(t)}{dt} = \frac{dP_1(t)}{dt} = \alpha(t)[1 - \rho_1(t)] - \beta(t)\rho_1(t) \quad (15)$$

Persamaan di atas didapat dengan memasukan  $\rho_1(t) = P_1(t)$  ke persamaan (5) kemudian disusun ulang.

Persamaan (15) tidak lain merupakan persamaan kontinuitas yang berbentuk:

$$\frac{d\rho_1(t)}{dt} = -[J_{out}(t) - J_{in}(t)] \quad (16)$$

dengan

$$J_{in}(t) = \alpha(t)[1 - \rho_1(t)] \quad (17)$$

dan

$$J_{out}(t) = \beta(t)\rho_1(t) \quad (18)$$

$J_{in}(t)$  dan  $J_{out}(t)$ , masing-masing adalah rapat arus partikel yang masuk dan keluar kekisi.

Menggunakan kembali persamaan (14) untuk disubstitusikan ke persamaan (17) atau (18), akan didapatkan:

$$J_{in}(t) = \alpha(t) \left[ 1 - e^{-\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \left\{ \int_0^t \alpha(t') e^{\int_0^{t'} [\alpha(t'') + \beta(t'')] dt''} dt + \rho_1(t) \right\} \right] \quad (19)$$

dan

$$J_{out}(t) = \beta(t) \left[ e^{-\int_0^t [\alpha(t') + \beta(t')] dt'} \left\{ \int_0^t \alpha(t') e^{\int_0^{t'} [\alpha(t'') + \beta(t'')] dt''} dt + \rho_1(t) \right\} \right] \quad (20)$$

Terlihat dari persamaan (19) dan (20) bahwa rapat arus tidak bergantung pada kepadatan partikel. Rapat arus hanya bergantung pada laju loncatan (*hopping rate*)  $\alpha(t)$  dan  $\beta(t)$ .

Berikutnya diamati pada beberapa kasus yang lebih khusus. Pertama ditinjau kasus dimana laju loncatan (*hopping rate*) tidak bergantung pada waktu;  $\alpha(t) = \alpha$  dan  $\beta(t) = \beta$ . Dari persamaan (14), kepadatan partikel akan mempunyai bentuk yang lebih sederhana sebagai berikut:

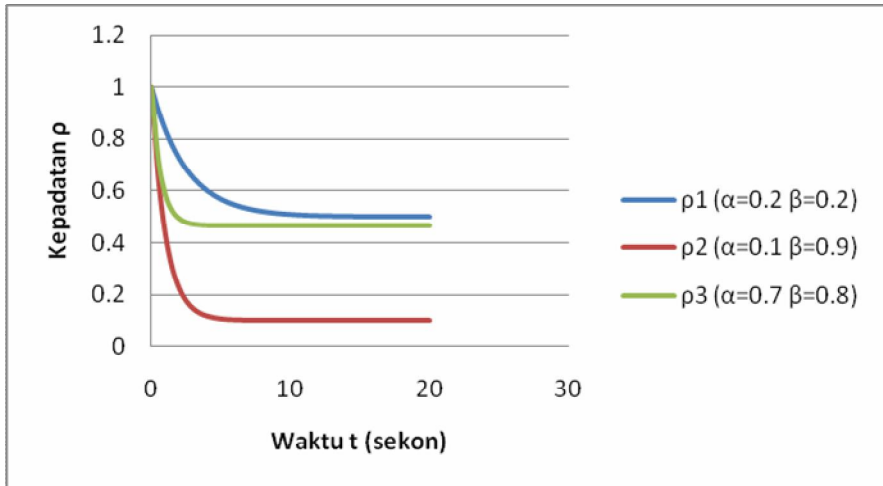
$$\begin{aligned} \rho_1(t) &= e^{-\int_0^t [\alpha + \beta] dt'} \left\{ \int_0^t \alpha e^{\int_0^{t'} [\alpha + \beta] dt''} dt + \rho_1(0) \right\} \\ &= \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \left( \rho_1(0) - \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right) e^{-(\alpha + \beta)t} \end{aligned} \quad (21)$$

Probabilitas sistem dalam keadaan kosong menjadi:

$$P_2(t) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \left( P_2(0) - \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right) e^{-(\alpha + \beta)t} \quad (22)$$

Ada dua suku di ruas kanan persamaan (21). Suku pertama adalah konstanta yang tak bergantung pada waktu, yaitu rasio antara *input hopping rate* dan jumlahan *input* dan *output hopping rates*. Suku kedua adalah fungsi waktu, dimana nilainya berkurang secara eksponensial seiring waktu berjalan. Di suku terakhir,  $(\alpha + \beta)$  pada faktor eksponensial adalah konstanta pengurangan yang menentukan seberapa lama sistem mencapai keadaan *steady state*.

Berikut adalah grafik fungsi waktu dari kepadatan partikel dengan *hopping rates* yang berbeda:



**Grafik 1.** Perubahan Kepadatan Partikel terhadap Waktu dengan Beberapa Variasi *Hopping Rates*

Terlihat dari ketiga kurva di atas bahwa semakin besar nilai  $\alpha + \beta$ , semakin cepat kepadatan menuju keadaan *steady state*. Rapat arus juga dapat diperoleh sebagai berikut:

$$I_{in}(t) = \frac{\alpha\beta}{\alpha+\beta} - \alpha \left( \rho_1(0) - \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \right) e^{-(\alpha+\beta)t} \quad (23)$$

dan

$$I_{out}(t) = \frac{\alpha\beta}{\alpha+\beta} - \beta \left( \rho_1(0) - \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \right) e^{-(\alpha+\beta)t} \quad (24)$$

Jika kerapatan awal dibuat sama dengan nol;  $\rho_1(0) = 0$ , kemudian rapat arus saat  $t = 0$  masing-masing adalah  $I_{in}(0) = 0$  dan  $I_{out}(0) = 0$ , seiring berjalannya waktu, partikel menempati kekisi  $N=1$ ,  $I_{in}(t)$  akan berkurang, sedangkan  $I_{out}(t)$  dan  $\rho_1(t)$  akan semakin bertambah. Sekali partikel menempati suatu kekisi, probabilitas suatu partikel lain untuk masuk ke kekisi tersebut adalah nol (0) karena terjadi tolakan inti keras atau *hard core repulsion* (kecuali jika partikel yang menempati kekisi tersebut telah keluar dari kekisi), oleh karenanya  $I_{in}(t)$  semakin berkurang (dan  $I_{out}(t)$  semakin bertambah). Setelah waktu berjalan sangat lama, rapat arus  $I_{in}(t)$  dan  $I_{out}(t)$  akan sama dan menjadi tetap, sehingga sistem mencapai kondisi stasioner. Lebih lanjut, konstanta pengurangan  $(\alpha + \beta)$  pada persamaan (23) dan (24) menentukan seberapa cepat sistem mencapai keadaan stasioner (*steady state*). Semakin besar nilai  $(\alpha + \beta)$ , maka sistem akan semakin cepat mencapai keadaan stasioner.

Dalam keadaan stasioner (*steady state*), besaran waktu,  $t$ , dibuat mendekati tak hingga, maka akan dihasilkan persamaan kerapatan sebagai:

$$\rho_1|_{t \rightarrow \infty} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (25)$$

Suku kedua dari persamaan (21) akan berkurang secara eksponensial menjadi sama dengan nol (0) seiring waktu berjalan mendekati tak hingga. Sehingga hanya tertinggal suku pertama yang nilainya konstan.

**Tabel 1.** Perhitungan Numerik Kepadatan Partikel pada Keadaan *Steady State* dengan

Berbagai Variasi <i>Hopping Rates</i>		
$\alpha$	$\beta$	$\rho$
0.1	0.9	0.10
0.8	0.3	0.73
0.2	0.2	0.50
0.5	0.5	0.50
0.7	0.8	0.47

Rapat arus pada keadaan stasioner (*steady state*) diperoleh dari persamaan (23) dan (24) akan menjadi:

$$J_{in}|_{t \rightarrow \infty} = J_{out}|_{t \rightarrow \infty} = J = \frac{\alpha \beta}{\alpha + \beta} \quad (26)$$

**Tabel 2.** Perhitungan Numerik Rapat Arus Pada Keadaan *Steady State* dengan Berbagai Variasi *Hopping Rates*

$\alpha$	$\beta$	$J$
0.1	0.9	0.09
0.8	0.3	0.22
0.2	0.2	0.10
0.5	0.5	0.25
0.7	0.8	0.37

Terlihat sangat jelas dari persamaan (26) bahwa pada keadaan stasioner, rapat arus tidak sama dengan nol tetapi menjadi konstan terhadap ruang (kekisi) dan waktu. Menurut persamaan (16) dan (26) sistem akan mencapai keadaan stasioner (*steady state*) saat

$$\frac{d\rho_1(t)}{dt} = 0 \quad \text{untuk } t \rightarrow \infty \quad (27)$$



### Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Persamaan Master dapat digunakan untuk mencari solusi eksak model TASEP dengan satu kekisi
2. Untuk  $\alpha$  dan  $\beta$  konstan pada setiap waktu, ternyata terjadi pengurangan kepadatan partikel secara eksponensial
3. Dalam keadaan *steady state*, kepadatan partikel dinyatakan:

$$\rho_{t \rightarrow \infty} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

Dalam penelitian berikutnya persamaan master dapat dikembangkan untuk penyelesaian model TASEP dengan dua kekisi atau lebih. Kajian ini dapat digunakan sebagai pengayaan bahan ajar untuk mahasiswa terutama dalam mata kuliah Matematika untuk Fisika karena model TASEP berkaitan erat dengan sistem-sistem fisis, seperti lalu lintas kendaraan, jejak atau lintasan sekumpulan semut, motor protein, sampai protein sintesis.

### DAFTAR PUSTAKA

- C. MacDonald, J. Gibbs, dan A. Pipkin. (1968). Kinetics of Biopolymerization on Nucleic Acid Templates. *Biopolymers* 6, 1, (Januari 1968).
- A. Pipkin dan J. Gibbs, *Biopolymers* 4, 3 (1966).
- A. Parmeggiani, T. Franosch, dan E. Frey. (2004). Totally Asymmetric Simple Exclusion Process with Langmuir Kinetics. *Phys. Rev. E* 70, 046101 (2004).
- S. Srinivasa dan M. Haenggi. The TASEP: A Statistical Mechanics Tool to Study the Performance of Wireless Line Networks. Proceedings of 19<sup>th</sup> IEEE International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN '10), Zurich, Switzerland, 2010.
- G. M. Schutz. (1997). Duality relations for asymmetric exclusion process. *J. Stat. Phys.* 88, 427
- S. P. Heims. (1965). Master Equation for Ising Model. *Phys. Rev.* 138, A587.
- C. M. V. Vliet. (2008). *Equilibrium and Non-Equilibrium Statistical Mechanics*. World Scientific.
- R. Zwanzig. (2001). *Nonequilibrium Statistical Mechanics*. Oxford University Press
- H. J. Kreuzer. (1981). *Monographs on the Physics and Chemistry of Materials: Non-equilibrium Thermodynamics and its Statistical Foundations*. Oxford Science Publications.
- M. L. Bellac. (2007). Non Equilibrium Statistical Mechanics dalam *Lectures Given at Les Houches Predoctoral School*, France.

**TEKNOLOGI TEPAT GUNA  
ALAT UKUR PERBEDAAN ENERGI SERAP TABUNG BERWARNA  
DALAM PEMBELAJARAN RADIASI BENDA HITAM**

**Arizenjaya**

**Guru Fisika SMA Negeri 1 Sumarorong Kabupaten Mamasa  
Provinsi Sulawesi Barat**

**Abstrak.** Radiasi Benda Hitam dalam pembelajaran fisika sesuai silabus SMA/MA tergolong salah satu materi pembelajaran fisika yang terkesan sukar, angker dan mengerikan bagi peserta didik. Sehingga memerlukan inovasi pembelajaran yang mampu mengubahnya menjadi materi pembelajaran yang menarik, indah dan mengasyikkan bagi peserta didik. Kegiatan pembelajaran pada materi radiasi benda hitam ini, diarahkan melalui praktikum fisika yang akan menyelidiki perbedaan emisifitas ( $\epsilon$ ) masing-masing tabung berwarna dengan menggunakan Teknologi Tepat Guna yang dimaksudkan.

Teknologi tepat guna ini merupakan hasil eksperimen fisika murni, yang dapat membedakan secara kuantitatif emisifitas tabung-tabung yang homogen namun memiliki warna yang berbeda dengan menggunakan rumus Arizenjaya:

$E = 1/2 \pi g \rho (dz)^2$  yang disubstitusikan ke dalam persamaan  $E = \epsilon \sigma T^4 t A$ .

Pengembangan konsep fisika melalui teknologi tepat guna ini memberi peluang para ahli fisika/peneliti untuk menemukan gejala-gejala alam yang bermanfaat bagi pengembangan teknologi sederhana dan teknologi canggih, termasuk pemadam kebakaran otomatis, serta seni musik yang paralel dengan air mancur yang terkendali alami dengan menggunakan energi matahari, bahkan alat jemuran otomatis, dan lain-lain. Melalui penyempurnaan alat ini menjadi lebih akurat dengan menggunakan logam dan/atau bermacam-macam logam, konstanta Plank memungkinkan dibuktikan dengan  $E = i \rho (dz)^2 = n h f$ .

Pengembangan konsep termodinamika akan lebih terbuka, termasuk memberi peluang menyusun alat percobaan menghitung perubahan energi-dalam sistem ( $\Delta U$ ) pada konsep termodinamika :  $Q = \Delta U - E$  atau  $\Delta U = Q + E$  dengan  $Q = mc \Delta T$ . Melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran melalui percobaan dalam membelajarkan materi lain yang terkait dengan alat ini, seperti radiasi benda hitam lalu ditindak-lanjuti dengan penyusunan laporan lengkap praktikum fisika yang terorganisir, termasuk memetamorfosiskan laporan lengkap itu menjadi suatu karya sastra yang menarik indah dan mengasyikkan, bahkan kemudian peserta didik mempresentasikan hasil percobaan dalam diskusi paripurna di kelas, maka alat ini dapat memudahkan pendidik (guru/dosen) dalam proses pembelajaran fisika dengan mutu yang optimal, sembari membangun karakter kebangsaan yang terintegrasi dalam proses pembelajaran yang nyata menstimulus perkembangan otak kiri dan otak kanan secara simultan.

## Pendahuluan

Salah satu materi pembelajaran fisika di Sekolah Menengah Atas (SMA)/Madrasah Aliyah (MA) yang terasa menakutkan, adalah “radiasi benda hitam”. Materi pembelajaran “radiasi benda hitam” termasuk materi yang memiliki jenis tantangan tersendiri dalam proses pembelajarannya, termasuk pandangan peserta didik yang pada umumnya menganggapnya sebagai materi pelajaran yang tidak menarik, bahkan membosankan serta mengerikan. Pada sisi yang lain, pembelajaran fisika yang melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran, agar menyenangkan dan mengasyikkan, adalah harapan dalam berbagai teori pembelajaran oleh berbagai pakar pendidikan, termasuk Zamroni (2003 :159) yang menegaskan bahwa yang lebih penting dalam reformasi pendidikan adalah bahwa pendidikan harus memberikan peluang *room for manoeuvre* bagi siapapun yang aktif dalam pendidikan untuk mengembangkan langkah-langkah baru yang memungkinkan peningkatan mutu pendidikan. Relevan dengan itu, juga secara umum, kepada siswa Girox menekankan akan pentingnya perubahan yang lebih demokratis dan kritis dalam diri siswa. Siswa perlu dibantu untuk menjadi pemikir yang kritis baik terhadap pelajaran yang dialami di sekolah, terhadap kehidupan di sekolah, dan terhadap situasi masyarakat di mana mereka hidup. Dan kepada guru, Girox menekankan pentingnya guru menjadi agen perubahan dalam masyarakat lewat dunia pendidikan dan juga gagasannya (Paul Suparno, 2004 : 87). Sehingga terasa penting menyiapkan bahan-bahan percobaan fisika atau teknologi tepat guna dalam pembelajaran fisika, untuk menjawab tantangan tugas guru/pendidik, maupun untuk menjelaskan bagian-bagian dari gejala alam yang sering dipertanyakan oleh peserta didik dalam upaya mewujudkan proses pendidikan dasar-dasar fisika yang bermutu tinggi. Kegiatan pembelajaran fisika yang juga sarat dengan proses, yang disuguhkan pada peserta didik secara optimal, sesungguhnya merupakan suatu proyek raksasa serta investasi termahal bagi pembangunan suatu bangsa dan/atau negara (*nation building*). Pemahaman akan hal ini, merupakan sesuatu yang sangat penting. Begitu pentingnya pembelajaran fisika yang bermutu optimal, maka C.P.F. Luhulima (1999 : 202) dalam bukunya **Eropa sebagai Kekuatan Dunia** menjelaskan bahwa : “*Tube Alloys* di Inggris dan *Manhattan district Project* di Amerika Serikat, tidak saja memperkenalkan suatu masa yang baru dalam sejarah manusia, yaitu ‘pembaruan antara ilmu dan perang’, yang terekspresi dalam bom atom, melainkan juga memperkenalkan suatu masa, dimana **para ilmuwan memegang peranan yang menentukan dalam perumusan dan pelaksanaan kebijakan pemerintah. Ilmu fisikalah yang merupakan unsur utama pengembangan ilmu secara keseluruhan** dan pandangan-pandangan serta gaya ahli fisika mempengaruhi lembaga-lembaga ilmu dan teknologi serta dewan-dewan kebijakan”.

Upaya penemuan fakta-fakta kongkrit dari sesuatu yang kualitatif dan sangat abstrak dalam rangka membangun optimalnya apresiasi peserta didik untuk belajar, adalah salah satu sikap kedewasaan guru, khususnya guru fisika. Hampir semua materi pembelajaran fisika memerlukan fakta dari sesuatu yang abstrak, supaya gejala alam yang dijelaskan menjadi kongkrit.

Salah satu gejala alam yang masih dipahami secara kualitatif dan cenderung sangat abstrak dalam materi fisika dan proses pembelajarannya, adalah bahwa benda berwarna hitamlah yang memiliki energi serap panas terbesar dari benda-benda berwarna lainnya termasuk warna merah, walaupun dari benda yang jenis bahannya sama. Bagaimana gejala itu dibuktikan secara angka-angka? Mungkinkah dapat dengan menggunakan termometer batang? Tentu dengan alat itu saja tidak cukup. Lalu bagaimana dengan tempat memasak air di rumah, ketika airnya sudah mendidih terlihat tutupnya bergerak turun naik? Sesungguhnya semua itu memerlukan penjelasan yang kongkrit dan mendalam sesuai dengan bahan pembelajaran teori fisika yang peserta didik pelajari. Supaya ada sinkronisasi temuan di dalam alam kehidupan sehari-hari dengan materi pembelajaran yang diperoleh di sekolah dan/atau di kampus.

Melalui kajian teori yang terkait perbedaan energi serap benda berwarna, jawaban terhadap kedua macam permasalahan di atas, dapat dijelaskan dengan menggunakan alat yang dirakit justru dari bahan-bahan yang sederhana dan mudah diperoleh dari lingkungan di sekitar kita. Alat itu ternyata dapat menjadi teknologi tepat guna dalam pembelajaran radiasi benda hitam salah satu dari materi pembelajaran fisika sesuai silabus fisika SMA/MA. Itulah sebabnya penelitian ini diberi judul: "Teknologi Tepat Guna Alat Ukur Perbedaan Energi Serap Benda Berwarna dalam Pembelajaran Radiasi Benda Hitam". Suatu teknologi tepat guna dalam pembelajaran fisika.

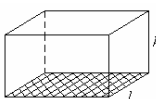
## Kajian Pustaka

### 1 Silabus

Silabus pada kelas dua belas semester dua (XII/2), memuat Standar Kompetensi: "3. Menganalisis Berbagai Besaran Fisis pada Gejala Kuantum dan Batas-batas Berlakunya Relativitas Einstein dalam Paradigma Fisika Modern". Sedangkan Kompetensi Dasarnya adalah: "Menganalisis Secara Kualitatif Gejala Kuantum yang Mencakup Hakikat dan Sifat-sifat Radiasi Benda Hitam serta Penerapannya". Selanjutnya Materi Pokok Pembelajarannya adalah: "Radiasi Benda Hitam dan Dualisme Partikel Gelombang Cahaya". Adapun Kegiatan Pembelajaran yang terkait adalah: "Menginterpretasikan radiasi benda hitam melalui percobaan mengukur perbedaan energi serap benda berwarna hitam dan berwarna lainnya walau bendanya serba sama atau homogen". (Silabus mata pelajaran fisika Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan, 2006).

### 2 Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang dilakukan zat cair dalam keadaan statis atau dalam keadaan diam. Dapat dibayangkan jika di dalam suatu wadah yang beraturan seperti pada Gambar 1, terdapat zat cair. Tekanan yang dilakukan zat cair dalam keadaan statis terhadap dasar wadah dapat ditinjau sebagai berikut:



Gambar 1. Wadah zat cair/fluida

Luas penampang alas persegi panjang (luas yang diarsir) adalah:

$$A = p \times l \quad (1)$$

$$w = m g \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow V = p l h \quad (2)$$

$$w = \rho V g = \rho p l h g \quad (3)$$

Tekanan (P) didefinisikan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{\text{newton}}{\text{meter}^2} \quad (\text{Paul A. Tipler, 1998 : 389})$$

Tekanan  $p$  adalah gaya tekan  $F$  terhadap luas permukaan bidang tekan  $A$ . Gaya tekanan zat cair dalam wadah, adalah gaya berat zat cair  $w$  setinggi  $h$ . Sehingga besarnya tekanan hidrostatik yang dialami alas persegi adalah:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = W = \rho \times p \times l \times h \times g \quad (4)$$

$$P = \frac{W}{A} = \frac{\rho p l h g}{p l} \Leftrightarrow P = \rho g h \quad (5)$$

$P = \rho g h$  disebut tekanan hidrostatik (Supiyanto, 2004 : 166).

Keterangan:

$\rho$  = massa jenis zat cair di dalam pipa 'U'  $\rightarrow \text{kg m}^{-3} \rightarrow \text{gram cm}^{-3}$

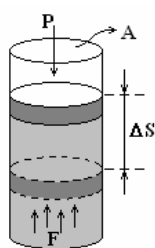
$g$  = percepatan gravitasi  $\rightarrow \text{m s}^{-2} \rightarrow \text{cm s}^{-2}$

$h$  = tinggi permukaan zat cair terhadap titik yang ditinjau  $\rightarrow \text{m} \rightarrow \text{cm}$

$P$  = tekanan hidrostatik  $\rightarrow \text{Newton m}^{-2} \rightarrow \text{dyne cm}^{-2}$

### 3 Peran Tekanan dan Perubahan Volume dalam Melakukan Usaha.

Panci tempat memasak air di rumah dapat menjadi bahan pengamatan yang menarik, sederhana dan kontekstual bagi peserta didik. Ketika airnya sudah mendidih, tutup tempat memasak air di rumah, terlihat bergerak turun naik. Hal itu disebabkan oleh sistem dalam hal ini gas, melakukan usaha. Tentu saja disebabkan oleh panas. Namun panas itu yang menghasilkan tekanan dan perubahan volume. Hal ini dapat dipahami dengan memperhatikan suatu bejana yang dilengkapi dengan piston dengan asumsi tanpa gesekan seperti Gambar 2. Gas yang berada dalam bejana akan melakukan gaya dorong terhadap piston sebesar  $F$  sehingga piston bergeser sejauh  $\Delta s$ .



$$P = \frac{F}{A} \rightarrow \frac{N}{m^2} = N m^{-2} = \text{pascal}$$

$$F = P A \rightarrow (N m^{-2}) m^2 = N$$

Gambar 2. Silinder sedang melakukan usaha karena mengalami proses perubahan volume dan tekanan

Energi (E) yang digunakan oleh gas untuk melakukan usaha menggerakkan piston adalah :

$$E = W = F \Delta s = P A \Delta s \rightarrow A \Delta s = \Delta V \quad \Delta s = P A \Delta s$$

$$E = P \Delta V \rightarrow (N m^{-2}) m^3 = N m = \text{joule}$$

(Franklin Miller, Jr dan Dietrich Schroeder, 1987 : 312)

$P$  : tekanan

$A$  : luas penampang

$\Delta V$  : perubahan volume

$\Delta s$  : pergeseran/perpindahan

$F$  : gaya

Usaha yang dilakukan gas dalam tabung, disebabkan oleh energi serap panas yang dilakukan tabung sesuai warnanya. Sehingga energi serap benda berwarna ( $E$ ) dapat dituliskan:

$$E = P \Delta V \rightarrow (N m^{-2}) m^3 = N m = \text{joule}$$

$$\text{Jadi: } E = P \Delta V \rightarrow \text{joule} \quad (6)$$

Jika konsep ini dikembangkan, lalu dirakit alat percobaannya, maka **energi serap panas yang diterima oleh tabung**, dapat diamati secara kuantitatif. Kalau tabung ini diberi warna berbeda, maka akan menghasilkan energi serap yang berbeda-beda sesuai warnanya, walaupun bahan dan bentuk tabungnya serba sama atau homogen. Perbedaan energi serap warna hitam dan warna lainnya dapat dihitung. Analisa perbedaan itu dilakukan dengan menerapkan perpaduan konsep tekanan hidrostatik dengan perubahan volume udara yang mengembang di dalam tabung sesuai dengan asas termodinamika. Indikator tekanan hidrostatik teramati pada salah satu ujung pipa 'U', sebagai efek pemanasan gas dalam tabung. Lalu indikator perubahan volume gas dalam tabung juga teramati pada ujung yang lain dari pipa 'U'. Kedua indikator itu memiliki hubungan karakteristik matematis.

#### 4. Teori Arizenjaya dalam Mengukur Perbedaan Energi Serap Benda Berwarna

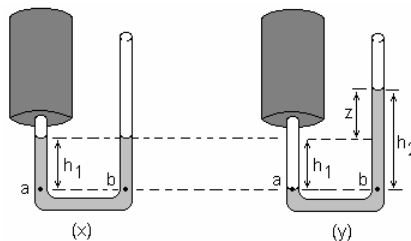
Perbedaan besaran panas atau temperatur berpakaian hitam dan berpakaian putih di waktu matahari sedang terik, dapat diketahui secara kualitatif bahkan dalam bentuk kuantitatif dapat diukur secara digital sekalipun. Demikian juga perbedaan besaran temperatur benda yang bahan dan bentuknya sama namun berbeda warnanya dapat diukur, baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif, dengan menggunakan termometer sederhana sampai dengan menggunakan termometer digital. Namun pengukuran besaran energi panas berpakaian hitam dan berpakaian putih belum dapat diukur secara kuantitatif dengan menggunakan alat ukur manual dan dengan bahan yang sederhana serta mudah diperoleh. Karena hanya dengan mengetahui besaran temperatur melalui penggunaan alat ukur termometer saja tidaklah cukup untuk mengolah informasi menjadi besaran energi pada tingkat satuan pendidikan menengah yang mengkaji fisika dasar.

Sebagai bagian dari upaya menyulam dan merendahkan pembelajaran fisika dasar secara optimal, maka melalui teori/cara Arizenjaya, kini perbedaan besaran energi serap panas benda berwarna dapat dihitung dengan sederhana. Perhitungan itu dilakukan dengan terlebih dahulu mengukur secara manual perubahan volume dan tekanan yang dilakukan gas dalam tabung uji. Hasil hitung, akan sekaligus membuktikan secara kuantitatif bahwa berpakaian hitam di tempat yang kena terik matahari akan terasa lebih panas dibandingkan dengan berpakaian putih atau warna lainnya. Indikator-indikator tahapan proses itu dapat teramati secara langsung bahwa energi serap panas benda berwarna hitam memiliki nilai

kuantitatif yang tertinggi dibandingkan dengan benda berwarna putih, hijau, ungu atau benda berwarna lainnya. Benda berwarna hitamlah yang memiliki nilai kuantitatif energi serap panas yang paling tinggi. Secara kuantitatif teori ini dapat ditinjau dengan memahami Gambar 3.

Suatu pipa 'U' memiliki ujung yang tidak sama tinggi, berisi suatu jenis zat cair. Ujung pipa yang pendek, dihubungkan dengan suatu tabung secara kokoh dan permanen dalam pemahaman sambungan itu tidak dapat dilewati gas. Jika suhu lingkungan dan suhu tabung dalam keadaan sama, maka kedua permukaan zat cair di dalam pipa 'U' akan sama tinggi. Kalau lingkungan tabung mengalami kenaikan suhu sehingga suhu lingkungan tabung lebih tinggi dari suhu tabung, maka tabung akan menyerap energi. Gas dalam tabung akan memuai. Jika diasumsikan bahwa koefisien muai tabung sangat kecil dibanding dengan koefisien muai gas yang ada di dalamnya, maka pemuaian gas yang ada di dalam tabung akan menekan zat cair di dalam pipa 'U'. Akibatnya permukaan zat cair pada kedua ujung pipa 'U' akan memiliki perbedaan tinggi. Perbedaan tinggi permukaan zat cair pada kedua ujung pipa 'U' adalah efek dari perubahan volume ( $\Delta V$ ) gas yang melakukan tekanan ( $P$ ) dan merupakan pengejawantahan dari energi serap ( $E$ ) panas tabung. Tabung akan menyerap energi panas sesuai warnanya.

Gambar 3.x dan Gambar 3.y, berupaya menunjukkan proses gejala yang dimaksud.



Gambar 3x Sistem tabung belum mengalami pengaruh kalor dari lingkungan.

Gambar 3 y Sistem tabung menyerap kalor dari lingkungan

Energi serap panas oleh permukaan tabung sesuai warnanya, adalah usaha yang dilakukan udara terhadap zat cair di dalam pipa, sebesar:  $E = P \Delta V \rightarrow \text{joule}$ .

$P_a$  = tekanan yang dilakukan udara di dalam botol.

$P_b$  = tekanan hidrostatik yang dilakukan zat cair dalam pipa.  $\rightarrow P_a = P_b$

$$P_b = \rho g h_2 \quad (7)$$

$\rightarrow \rho$  = massa jenis zat cair yang digunakan.

$\rightarrow g$  = percepatan gravitasi

$\rightarrow h_2$  = perbedaan tinggi permukaan zat cair dalam pipa

$\rightarrow \Delta V$  = perubahan volume udara yang mengalami pemuaian

Perubahan volume udara/gas dalam tabung dapat dihitung melalui pengukuran diameter-dalam pipa ( $d$ ) dengan memakai jangka sorong.

$$\Delta V = A h_1 \quad (8)$$

→  $A$  = luas penampang pipa

$$\rightarrow A = \pi r^2 \quad (9)$$

$$\Delta V = \pi r^2 h_1 \quad (10)$$

→  $r$  = jejari penampang pipa

$$\rightarrow r = \frac{1}{2} d \quad (11)$$

$$\Delta V = \pi \left( \frac{1}{2} d \right)^2 h_1 \quad (12)$$

dan  $h_1 = z$

$$\Delta V = \pi \frac{1}{4} d^2 h_1 = \frac{1}{4} \pi d^2 z = 0,25 \pi z d^2 \quad (13)$$

Dengan demikian, maka energi serap panas oleh permukaan tabung sebagai benda berwarna dapat dihitung dengan menggunakan rumus/solusi/formula:

$$E = P \Delta V = \rho g h_2 \left( \pi \frac{1}{4} d^2 h_1 \right)$$

$$E = \frac{1}{4} \pi \rho g h_2 d^2 h_1 \quad (14)$$

Dalam Gambar 4, nampak bahwa:

$$h_1 = z = \frac{1}{2} h_2 \text{ atau } h_2 = 2 h_1 = 2 z \quad (15)$$

Sehingga rumus/solusi/formula di atas menjadi:

$$E = \frac{1}{4} \pi \rho g 2 h_1 d^2 h_1 = 2 \frac{1}{4} \pi \rho g d^2 (h_1)^2 = \frac{1}{2} \pi \rho g d^2 (h_1)^2 = \frac{1}{2} \pi \rho g d^2 z^2$$

$$E = \frac{1}{2} \pi g \rho (d z)^2 \text{ dinamakan **persamaan/solusi (formula) Arizenjaya** } \quad (16)$$

Jika beberapa **konstanta dasar** dibulatkan dan digabungkan, maka akan diperoleh suatu konstanta baru yang dapat dinamakan konstanta **Arizenjaya (i)** yakni:

$$i = \frac{1}{2} \pi g \rightarrow \text{m s}^{-2} \quad (17)$$

$$\text{maka untuk } \pi = \frac{22}{7} = 3,14; \quad g = 10 \text{ m s}^{-2}; \quad i = \frac{1}{2} \times 3,14 \times 10 \text{ m s}^{-2}$$

$$i = 15,7 \text{ m s}^{-2} \quad (18)$$

$$\text{Akan tetapi jika } \pi = \frac{22}{7}; \quad g = 9,81 \text{ m s}^{-2}; \quad i = \frac{1}{2} \times \left( \frac{22}{7} \right) \times 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{maka } i = 15,41571429 \text{ m s}^{-2} = 15,416 \text{ m s}^{-2} \quad (19)$$



$$E = \frac{1}{2} \pi g \rho (d z)^2 \Leftrightarrow E = i \rho (d z)^2 \quad (20)$$

Sehingga **persamaan/solusi Arizenjaya** secara lebih sederhana dapat dinyatakan:

$$E = 15,416 \rho (d z)^2 \text{ joule} \quad (21)$$

Kalau konstanta dasar digabung dengan konstanta dari karakteristik massa jenis zat cair  $\rho$  (rho) dan karakteristik diameter penampang pipa yang digunakan  $d$ , maka rumus di atas akan menunjukkan **kebergantungan energi serap hanya kepada kuadrat kenaikan permukaan zat cair di ujung bebas pipa**. Dapat teramati dalam tinjauan berikut:

$$E = i \rho d^2 z^2, \text{ untuk } a = i \rho d^2 \rightarrow \text{m s}^{-2} \text{ kg m}^{-3} \text{ m}^2 = \text{kg s}^{-2}$$

$$a = i \rho d^2 \rightarrow \text{kg s}^{-2} \quad (22)$$

$$E = a z^2 \rightarrow \text{kg s}^{-2} \text{ m}^2 = \text{kg m}^2 \text{ s}^{-2} = \text{joule}$$

$$E = a z^2 \rightarrow \text{joule} \rightarrow \text{formula sederhana Arizenjaya} \quad (23)$$

$$a = \frac{E}{z^2} \rightarrow \text{joule m}^{-2} = \text{kg s}^{-2} \Leftrightarrow a = \frac{E}{z^2} \rightarrow \text{kg s}^{-2} \quad (24)$$

Satuan  $a$  menunjukkan bahwa  $a$  adalah perlajuan massa atau perlajuan aliran massa.

Apabila menggunakan zat cair spiritus dengan massa jenisnya  $0,8 \text{ gr cm}^{-3}$  dan dengan pipa 'U' yang berdiameter  $6,28 \text{ mm}$ , konstanta kebergantungan yang dimaksud akan diperoleh sebesar:  $\rho = 0,8 \text{ gr cm}^{-3} = 800 \text{ kg m}^{-3}$

$$d = 6,28 \text{ mm} = 6,28 \times 10^{-3} \text{ m} \rightarrow d^2 = 39,4384 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$i = 15,416 \text{ m s}^{-2}$$

$$a = i \rho d^2 = 15,416 \text{ m s}^{-2} \times 800 \text{ kg m}^{-3} \times 39,4384 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$a = 4863,858995 \times 10^{-4} \text{ kg s}^{-2} = 486,386 \times 10^{-3} \text{ kg s}^{-2}$$

Kalau  $z$  dalam satuan meter, maka:

$$E = a z^2 \rightarrow \text{Joule} \dots\dots\dots \text{formula sederhana Arizenjaya}$$

$$E = 486,386 \times 10^{-3} \text{ kg s}^{-2} \times z^2 \rightarrow \text{Joule}$$

Berarti

**$E \sim z^2 \Leftrightarrow$  “energi serap panas permukaan benda berwarna, sebanding dengan kuadrat kenaikan permukaan zat cair di ujung bebas pipa”, yang tidak akan pernah sama untuk setiap benda yang warnanya berbeda sekalipun dari bahan dan bentuk yang homogen, dapat diberi nama sebagai hukum Arizenjaya.**

Keterangan:

$E$  = energi serap panas permukaan benda berwarna  $\rightarrow$  Joule

$z$  = perubahan tinggi permukaan zat cair di

ujung bebas pipa (yang terhubung udara bebas)  $\rightarrow$  m atau mm

$\rho$  = (rho) = massa jenis zat cair yang digunakan  $\rightarrow$   $\text{kg m}^{-3}$

$$\pi = \frac{22}{7} = 3,1428571 ; g = \text{percepatan gravitasi} \rightarrow \text{m s}^{-2} (g = 9,81 \text{ m s}^{-2})$$

$d$  = diameter bagian dalam pipa 'U' wadah zat cair  $\rightarrow$  m atau mm

$i$  = konstanta Arizenjaya atau  $i = \frac{1}{2} \pi g = 15,416 \text{ m s}^{-2}$

$a$  = konstanta kebergantungan energi serap kepada  $z^2$  atau  $a = i \rho d^2 \rightarrow \text{kg s}^{-2}$

$a$  = kelajuan aliran massa  $\rightarrow \text{kg s}^{-2}$  atau gram  $\text{s}^{-2}$

$\sim$  = sebanding = berbanding lurus

## 5 Radiasi Benda Hitam

Pancaran energi oleh suatu benda karena suhunya, disebut **radiasi termal**, berarti pancaran energi oleh benda hitam dapat disebut **radiasi benda hitam** yang disebabkan oleh suhunya lebih tinggi dari lingkungannya. Suatu benda yang menyerap semua cahaya yang sampai ke permukaannya, disebut benda hitam (E. Budikase & Nyoman Kertiasa, 1996 : 185). Sebaliknya, benda yang memantulkan semua cahaya yang sampai ke permukaannya, disebut benda putih. Dan benda berwarna lain seperti merah, adalah benda yang memantulkan cahaya merah yang sampai ke permukaannya dan warna lain dari banyak warna cahaya yang ada, **diserap**. Karena ternyata spektrum cahaya memuat banyak warna, termasuk merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, ungu, dan warna lain sebagai hasil dari campuran warna-warna itu.

Pada tahun 1000, **Alhazan** (H. Pangaribuan, 1990 : 1) berpendapat bahwa mata dapat melihat benda jika benda itu memancarkan atau memantulkan cahaya masuk ke mata. Kalau benda yang dapat dilihat dipahami karena benda itu memancarkan cahaya masuk ke mata, berarti benda hitam sempurna sesungguhnya **harus tidak dapat dilihat**. Karena itu ahli fisika memisalkan **benda hitam** itu adalah **lubang** kecil pada sisi suatu ruang berbentuk bola dari material hitam. Kalau seberkas cahaya berdiameter lebih kecil dari lubang itu mengenaiya tidak tegak lurus pada garis singgung lingkaran bola, keseluruhan berkas cahaya yang datang pada permukaan **lubang itu akan diserap** masuk ke dalam lubang, dan tidak ada yang dipantulkan. Sebab setelah melewati lubang itu, cahaya tidak kembali. Cahaya akan terpantul-pantul di dalam ruang bola dan sangat sedikit kemungkinan cahaya itu keluar dan kembali dipantulkan oleh sisi bagian dalam ruang bola melalui lubang itu. Akan tetapi dalam tulisan ini, yang dimaksud **benda hitam** adalah **benda hitam** menurut pemahaman umum, yaitu benda yang kelihatan berwarna hitam.

Dasar teori di atas, memberikan pemahaman bahwa dua benda atau lebih yang memiliki jenis yang sama dan berbeda warnanya, akan memiliki energi serap panas yang berbeda kalau suhunya lebih rendah dari suhu lingkungannya. Pengertian umum benda hitam itu juga mendorong kesadaran yang logis bahwa benda berwarna hitamlah yang memiliki energi serap panas yang paling besar dari benda-benda yang jenisnya sama, yang diberi warna-warni. Tetapi secara kuantitatif belum dapat dibuktikan secara manual dengan menggunakan alat yang sederhana, yang sesungguhnya ada di sekitar kita serta dengan biaya yang tidak mahal.

Materi pembelajaran **radiasi benda hitam** yang terkesan sangat abstrak, merupakan salah satu materi yang masuk dalam ruang lingkup yang terwakili melalui percobaan dengan menggunakan teknologi tepat guna alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna sesuai silabus dari BSNP. Selain harus dicat berwarna hitam, pembelajaran materi ini secara khusus harus menggunakan benda atau kaleng yang bentuknya beraturan seperti tabung, ataupun bola, agar luas permukaannya dapat diukur. Diasumsikan bahwa **intensitas radiasi energi yang diserap benda, sama dengan intensitas radiasi energi yang dipancarkan** ke sekitarnya ketika suhunya lebih tinggi dari lingkungannya. Melalui materi pembelajaran bagian ini, energi radiasi benda hitam dapat dikaji secara kuantitatif yang menjadikannya lebih kongkret. Sehingga rumus atau formula radiasi benda hitam yang rumit dapat dikenal lebih akrab oleh peserta didik. Termasuk kemungkinan pengembangan pada hal-hal yang belum terpikir sebelumnya.

E. Budi Kase dan Nyoman Kertiasa (1995 : 186) menjelaskan akan intensitas radiasi total dari seluruh panjang gelombang cahaya yang dipancarkan oleh benda hitam yang dipanaskan, hanya bergantung pada suhu mutlaknya. Intensitas radiasi total itu dinyatakan dengan hukum Stevan-Boltzman bahwa: "Intensitas radiasi total dari gelombang cahaya benda hitam sempurna yang dipanaskan ( $R$ ), berbanding langsung dengan suhu mutlaknya pangkat empat ( $T^4$ )". Secara matematis ditulis:

$$\sim T^4 \Leftrightarrow R = \sigma T^4 \quad (25)$$

dengan  $\sigma$  = tetapan Boltzman =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ Watt m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Intensitas radiasi total yang dipancarkan oleh benda lain yang bukan benda hitam adalah:

$$R = e\sigma T^4 \quad (26)$$

$e$  adalah emisivitas suatu benda. Yaitu nilai yang menyatakan kemampuan suatu benda untuk memancarkan atau menyerap energi (gelombang elektromagnetik). Makin besar emisivitas benda, maka makin mudah pula benda itu memancarkan atau menyerap energi. Nilai  $e$  berkisar antara nol dan satu (Yayan Sofyan Suri, 2007 : 223). Untuk benda hitam sempurna, yang total menyerap semua cahaya yang datang padanya, memiliki nilai  $e = 1$  (satu). Untuk benda yang memantulkan semua cahaya yang datang padanya akan memiliki nilai  $e = 0$  (nol), yang disebut putih sempurna.

Intensitas radiasi ( $R$ ) adalah besarnya daya radiasi ( $P$ ) dalam setiap satuan luas pancaran radiasi ( $A$ ). Secara matematika dapat dinyatakan dalam formula:

$$R = \frac{P}{A} \rightarrow \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}, \quad (27)$$

sedangkan daya adalah kelajuan energi atau energi persatuan waktu, yang dirumuskan:

$$P = \frac{E}{t} \rightarrow \frac{\text{joule}}{\text{sec}} = \text{watt} \Leftrightarrow P = \frac{E}{t} \rightarrow \text{watt} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} \text{Berarti } R &= \frac{P}{A} = \frac{E/t}{A} = \frac{E}{tA} \\ R &= \frac{E}{tA} \rightarrow \frac{\text{joule}}{\text{sec} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} = \text{watt m}^{-2} \Leftrightarrow R = \frac{E}{tA} \rightarrow \text{watt m}^{-2} \end{aligned} \quad (29)$$

Sehingga gabungan formula 2.46 dengan formula 2.49 akan terproses seperti berikut:

$$R = R \Leftrightarrow \frac{E}{tA} = e \sigma T^4 \quad (30)$$

$$\text{Jadi : } E = e \sigma T^4 t A \rightarrow \text{joule} \quad (31)$$

$E$  dalam persamaan atau solusi 16 dinyatakan dalam bentuk:  $E = \frac{1}{2} \pi g \rho (dz)^2$

Setiap benda yang mempunyai suhu yang lebih tinggi dari suhu lingkungannya, akan memancarkan energi radiasi, dan sebaliknya bila suhu benda lebih rendah dari suhu lingkungan, maka benda tersebut akan menyerap energi dari lingkungannya (Kamajaya, 1996 : 159). Perbedaan suhu ini akan memungkinkan terjadinya perpindahan energi. Keadaan yang umum dijumpai jika sebuah benda yang suhunya  $T_2$  berada dalam lingkungan tertutup yang suhunya  $T_1$  dimana  $T_1 < T_2$ , benda akan memancarkan radiasi dengan intensitas sebesar  $R_2 = e \sigma T_2^4$  dan lingkungan sekelilingnya akan menyerap radiasi sebesar:  $R_1 = e \sigma T_1^4$ . Sehingga intensitas radiasi bersih ( $R_{\text{bersih}}$ ) dari sistem di atas ialah:

$$R_{\text{bersih}} = R_2 - R_1 \Leftrightarrow R_{\text{bersih}} = e \sigma T_2^4 - e \sigma T_1^4 = e \sigma (T_2^4 - T_1^4).$$

$$\text{Jadi: } R_{\text{bersih}} = e \sigma (T_2^4 - T_1^4) \rightarrow \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} \quad (\text{Syarwani, dkk., 1996 : 115}) \quad (32)$$

Identik dengan hal di atas, pada keadaan yang dijumpai ketika suatu ruang/lingkungan tertutup yang suhunya  $T_1$  lalu dipanaskan dengan menyalakan lampu (balon pijar) yang ditempatkan di dalamnya, sampai ruang/lingkungan tertutup itu berubah suhunya menjadi  $T_2$  dimana  $T_1$  lebih kecil dari  $T_2$  ( $T_1 < T_2$ ), maka benda/tabung yang ditempatkan didalamnya akan menyerap radiasi dengan intensitas radiasi bersih ( $R_{\text{bersih}}$ ) sebesar:

$$R_{\text{bersih}} = e \sigma (T_2^4 - T_1^4) \rightarrow \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

$T_1$  = suhu ruang/lingkungan sebelum lampu dinyalakan  $\rightarrow ^\circ\text{C}$

$T_2$  = suhu ruang/lingkungan setelah lampu dinyalakan  $\rightarrow ^\circ\text{C}$

Besarnya intensitas radiasi bersih yang diserap tabung ( $R_{\text{bersih}}$ ) dalam kegiatan pembelajaran dengan menggunakan alat ukur perbedaan energi serap

benda berwarna, menjadi **media analisa**. Sasarannya lebih berkonsentrasi pada proses untuk membangun rasa ingin-tahu, membangun suasana menyenangkan yang menantang. Supaya konsep-konsep fisika yang kualitatif dan kuantitatif yang pada mulanya angker dan mengerikan bagi peserta didik, berubah menjadi menarik dan mengasyikkan. Sebab itu, kegiatan pembelajaran pada materi radiasi benda hitam ini, diarahkan melalui praktikum fisika yang akan menyelidiki perbedaan emisivitas ( $e$ ) masing-masing tabung berwarna. Tabung berwarna yang dimaksud adalah tabung yang sejenis dengan warna yang beragam termasuk warna hitam. Atau beberapa tabung yang berwarna hitam dengan variasi bahan yang berbeda, namun memiliki dimensi yang homogen. Judul praktikumnya antara lain: “Menyelidiki perbedaan emisivitas tabung berwarna pada radiasi benda hitam”. Analisa datanya dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan sejumlah kajian teori yang telah terurai di atas sesuai kaidah fisika, yaitu:

$$R = e \sigma (T_2^4 - T_1^4) \rightarrow \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}, \text{ karena } R = R \Leftrightarrow e \sigma (T_2^4 - T_1^4) = \frac{E}{tA}$$

$$\Leftrightarrow e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma (T_2^4 - T_1^4)} \quad (33)$$

$$\Leftrightarrow e = \frac{R}{\sigma (T_2^4 - T_1^4)} \quad (34)$$

Keterangan:

$e$  = emisivitas tabung berwarna  $\rightarrow$  tanpa satuan

$R$  = intensitas radiasi tabung/benda berwarna  $\rightarrow \text{Watt m}^{-2}$

$\sigma$  = konstanta Boltzman  $\rightarrow \sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Watt m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

$T_1$  = suhu ruang/lingkungan sebelum menyerap panas

(sebelum lampu dinyalakan)  $\rightarrow ^\circ\text{C}$

$T_2$  = suhu ruang/lingkungan setelah menyerap panas

(setelah lampu dinyalakan)  $\rightarrow ^\circ\text{C}$

$E$  = energi serap tabung/benda  $\rightarrow \text{joule}$

$t$  = selang waktu yang digunakan tabung menyerap energi radiasi  $\rightarrow \text{sec.}$

$A$  = luas kulit tabung atau luas selimut tabung  $\rightarrow \text{m}^2$

Praktikum fisika dalam kegiatan pembelajaran pada materi radiasi benda hitam ini, menggunakan tabung berbentuk beraturan. Agar luas kulit atau luas selimut tabung dapat dihitung dengan mudah. Jika tabung yang dipakai berbentuk bola, maka luas kulit bola dihitung dengan menggunakan rumus luas kulit bola:

$$A = 4 \pi r'^2 \rightarrow \text{m}^2 \quad (35)$$

Tetapi kalau tabung yang digunakan berbentuk selinder maka luas kulit atau selimut selinder dihitung dengan rumus luas kedua tutup selinder yang berbentuk lingkaran ditambah dengan luas sisi tegak. Melalui matematika dapat dinyatakan:

$$A = (2\pi r'^2) + (2\pi r'h') \Leftrightarrow A = 2\pi r'(r'+h') \rightarrow \text{m}^2$$

$$A = 2\pi \left( \frac{1}{2}d' \right) \left( \frac{1}{2}d' + h' \right) m^2 \Leftrightarrow A = \pi d' (0,5d' + h') m^2 \quad (36)$$

Selang waktu yang digunakan tabung menyerap energi radiasi ( $t$ ) diperoleh dengan mengukur waktu sejak balon pijar dalam ruang box dinyalakan pada suhu  $T_1$ , sampai lampu dipadamkan pada suhu  $T_2$ . Sedangkan energi serap radiasi tabung sebagai benda hitam dan bukan benda hitam, dihitung dengan mengolah data praktikum melalui formula 21 seperti diatas, yakni:  $E = 15,416 \rho (dz)^2$  Joule.

Keterangan:

$A$  = luas permukaan bola atau tabung  $\rightarrow m^2$ ;  $r'$  = jari-jari bola atau tabung  $\rightarrow m$

$h'$  = tinggi dinding tabung  $\rightarrow m$ ;  $E$  = energi serap tabung  $\rightarrow$  joule

$t$  = selang waktu yang digunakan tabung menyerap energi radiasi  $\rightarrow$  sec

$\rho$  = rho = massa jenis zat cair yang digunakan  $\rightarrow kg\ m^{-3} \rightarrow gram\ cm^{-3}$

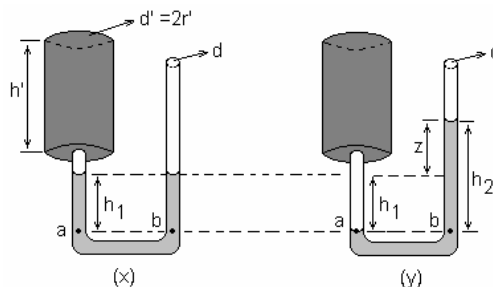
$d$  = diameter bagian dalam pipa 'U' wadah zat cair  $\rightarrow m$  atau mm

$z$  = tinggi kenaikan permukaan zat cair setelah tabung menyerap energi  $\rightarrow m \rightarrow cm$

$T_1$  = suhu ruang/lingkungan awal mulai menerima energi  $\rightarrow ^\circ C$

$T_2$  = suhu ruang/lingkungan akhir menerima energi  $\rightarrow ^\circ C$

Energi serap tabung dihitung dari hasil pengamatan dari diameter pipa 'U' serta kenaikan permukaan zat cair pada ujung bebas pipa 'U' tepat setelah lampu dipadamkan pada suhu  $T_2$  seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.y. Termasuk menghitung massa jenis zat cair yang digunakan melalui data massa zat cair (m) pada volume tertentu (V). Berikut disajikan Gambar 4.



Gambar 4x Dimensi sistem tabung belum mengalami pengaruh kalor dari lingkungan.

Gambar 4y Dimensi sistem tabung menyerap kalor dari lingkungan.

Data yang diperoleh dari hasil percobaan yang akan diolah dalam laporan lengkap praktikum fisika melalui kegiatan pembelajaran dengan menggunakan alat yang dimaksud, memerlukan tabel pengamatan yang sesuai. Misalkan seperti Tabel 1.

No.	Warna	Ukuran Jarak				Ukuran Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )		Ukuran Massa Jenis Zat Cair ( $\rho$ )		Ket.
								m	V	
		z (cm)	d (mm)	h' (cm)	d' (mm)	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	(gram)	(ml)	
1										
2										

Tabel 1. Format tabel pengamatan perbedaan emisivitas tabung berwarna pada radiasi benda hitam

Keterangan:

$h'$  = tinggi tabung  $\rightarrow$  m atau cm ;  $d'$  = diameter tabung  $\rightarrow$  m atau mm

$d$  = diameter bagian dalam pipa 'U' wadah zat cair  $\rightarrow$  m atau mm

$z$  = tinggi kenaikan permukaan zat cair setelah tabung menyerap energi  $\rightarrow$  m atau mm

$\rho$  = rho = massa jenis zat cair yang digunakan  $\rightarrow$  kg m<sup>-3</sup>  $\rightarrow$  gram cm<sup>-3</sup>

$m$  = massa zat cair (dalam volume tertentu untuk menentukan massa jenisnya)  $\rightarrow$  kg  $\rightarrow$  gram

$V$  = volume zat cair (dalam massa tertentu untuk menentukan massa jenisnya)  $\rightarrow$  m<sup>3</sup>  $\rightarrow$  cm<sup>3</sup>

"Menyelidiki perbedaan emisifitas tabung berwarna hitam/benda hitam pada radiasi benda hitam", dapat dilakukan dengan mudah melalui penggunaan tabung yang bentuknya beraturan seperti kaleng bekas kemasan cat atau kaleng bekas kemasan minyak cat, atau kaleng bekas kemasan susu kental manis. Luas selimut kaleng mudah dihitung, dengan menggunakan rumus luas selimut tabung, melalui analisa matematika sederhana sebagaimana dinyatakan dalam formula 35 dan formula 36 di atas. Akibatnya intensitas radiasi bersih yang diserap tabung ( $R$ ) dapat dihitung, yang selanjutnya akan mengantarkan pada penyelesaian perhitungan emisivitas ( $e$ ) dalam formula 34.

## Metode

### 1. Alat Yang Dibutuhkan

Teknologi tepat guna alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna dalam pembelajaran radiasi benda hitam ini, diteliti dengan menggunakan metode eksperimen. Prosedur penelitian berawal dari kajian silabus dan pengembangannya sesuai dengan Badan Standar Nasional Pendidikan agar penelitian tidak menyimpang dari silabus. Kajian silabus meliputi kajian standar

komptensi, kompetensi dasar materi pokok pembelajaran sampai pada mengembangkan kegiatan pembelajaran dan mengembangkan indikator serta mengembangkan penilaian, yang sentral sarannya adalah keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran secara utuh.

Penelitian eksperimen fisika murni yang alatnya dapat digunakan sebagai salah satu **teknologi tepat guna dalam pembelajaran fisika**, adalah alat laboratorium fisika yang mencoba mengamati dan mengukur gejala fisika tentang energi serap benda dari jenis dan konstruksi yang homogen namun berbeda warnanya. Hasil pengukuran gejala-gejala fisika itu, diolah dengan menggunakan rumus/formula fisika. Bukan rumus statistik. Sehingga dibutuhkan sejumlah bahan material atau komponen yang dipadukan menjadi suatu sistem yang kemudian menjadi utuh membentuk suatu **alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna** yang ternyata berguna dalam pembelajaran beberapa materi pokok pembelajaran fisika termasuk materi pokok "radiasi benda hitam". Sejumlah bahan kebutuhan yang digunakan dalam mewujudkan alat ukur ini, disiapkan dari alat dan bahan yang murah dan mudah diperoleh dari lingkungan di sekitar kita.

Sebagai strategi meringankan biaya operasional alat ukur yang dimaksud, bahan-bahan yang memiliki kemungkinan untuk cepat rusak, diupayakan dapat diperoleh dari lingkungan di sekitar kita. Seperti kaleng bekas kemasan cat atau kaleng bekas kemasan minyak cat atau kaleng bekas kemasan susu encer dan lain-lain yang identik. Sedangkan cat yang digunakan dapat saja cat avian dalam kaleng ukuran yang kecil yang murah.

Sesuai dengan judulnya, teknologi tepat guna yang diawali penelitian ilmiah ini, dapat membuktikan secara kuantitatif perbedaan energi serap berwarna yang kemudian dapat dimanfaatkan dalam menghitung emisifitas benda berwarna dengan suatu rumus khusus yang belum ada namanya. Namun dalam Simposium Nasional Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang diselenggarakan oleh Universitas Hasanuddin bekerja sama dengan Lembaga Penjaminan Mutu Pendidikan (LPMP) Provinsi Sulawesi Selatan dan Dirjen Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan (Dirjen PMPTK) Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia pada tanggal 8 Agustus 2008 di Makassar, diperkenalkan rumus yang dimaksud, dan diusulkan diberi nama **rumus Arizenjaya**. Hal yang sama juga disampaikan dalam Seminar Nasional Sains yang diselenggarakan oleh Universitas Negeri Yogyakarta yang bertemakan: "Pemantapan Keprofesian Peneliti, Pendidik dan Praktisi MIPA untuk Mendukung Pembangunan Karakter Bangsa", pada tanggal 14 Mei 2011 di Yogyakarta.

Rumus terkait dengan alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna yang berupa alat eksperimen atau alat percobaan, yang dibuat dari kotak (box) kaca. Beberapa komponen alat ditempatkan dalam box kaca, termasuk tabung berwarna sebagai benda yang akan diselidiki, kipas angin sebagai pendingin, termometer, balon pijar sebagai sumber energi panas yang akan diserap oleh benda berwarna. Kipas angin pada dasarnya berfungsi menormalkan suhu ruang box kaca sesuai kebutuhan. Berikut ini disajikan Gambar 3.1 pada saat menjelaskan jalannya pengumpulan data dengan menggunakan alat ukur tersebut,



dalam Simposium Nasional yang dimaksudkan di Kampus salah satu Perguruan Tinggi Negeri Republik Indonesia.



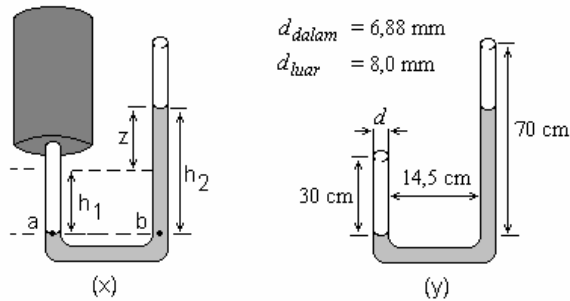
Gambar 5x: Penjelasan cara memasang tabung/ botol dalam ruang box kaca



Gambar 5y: Penjelasan tentang efek panas tabung/botol dalam ruang box kaca

Alat ini memiliki bahan baku pembuatan yang terdiri dari:

- Plat kaca, tebal 5 mm dengan luas 18 cm x 50 cm sebanyak 4 lembar sebagai dinding dan daun pintu dari box kaca.
- Balok kayu jati ukuran 3 cm x 3 cm x 85 cm sebanyak 4 batang sebagai kaki penyangga kaca.
- Kayu jati ukuran 2,5 cm x 2,5 cm x 60 cm yang dipotong-potong sesuai kebutuhan sebagai rangka box kaca.
- Keling dari kayu jati secukupnya sebagai paku antar rangka kayu.
- Lem fox dan lem alteco dan baut secukupnya.
- Bola lampu balon pijar 240 Volt; 75 Watt 4 (empat) unit.
- Fitting duduk untuk bola lampu pijar sebanyak 4 unit.
- Kipas angin mini sebagai pendingin/penetrasi suhu ruangan satu unit.
- Saklar ganda untuk lampu dan untuk kipas angin 1 unit.
- Kabel penghubung arus AC secukupnya (kurang lebih 10 m).
- Shoket penyambung arus ke PLN.
- Lempeng jati/potongan papan jati dengan tebal 1 cm dan dengan luas 22,5 cm x 22,5 cm sebanyak 2 (dua) lembar. Masing-masing sebagai alas (lantai) dan penutup (langit-langit) dari box kaca.
- Pipa kaca atau selang plastik kecil dengan diameter dalam 6,88 mm dan dengan panjang 100 cm, yang dibengkokkan menyerupai 'U' atau **pipa u**. Sebagai wadah/tempat zat cair percobaan. Ukuran fisiologi pipa u, dapat diperlihatkan dalam Gambar 6.

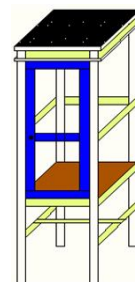


Gambar 6x: Sistem tabung menyerap kalor dari lingkungan. Gambar 6y: Ukuran fisiologi pipa 'U'.

- n. Zat cair untuk mengisi pipa 'U'. Dapat menggunakan spiritus atau air raksa (Hg).
- o. Berbagai macam cat kayu/cat besi, untuk mengecat tabung-tabung menjadi berwarna-warni.
- p. Wadah tempat mengecat tabung/botol dengan cara celup, agar dinding sebelah dalam dan sebelah luar dikenai cat secara homogen atau serba sama. Wadah yang dimaksud dapat berupa ember kecil atau stoples.
- q. Botol kemasan air minum seperti botol fanta atau yang lainnya yang memiliki mutu penutup yang dapat menjamin kerapatan ulir (drat) putaran supaya udara dipastikan tersumbat rapat. Dapat juga menggunakan kaleng bekas yang dipasangi potongan pipa sebagai mulut tabung untuk sambungan ke ujung pipa 'U' yang terdapat dalam box kaca. Kaleng bekas seperti kaleng bekas kemasan cat, atau kaleng bekas kemasan air cat, kaleng bekas kemasan susu kental manis dll.
- r. Minyak tanah secukupnya untuk membersihkan sisa-sisa kotoran cat.
- s. Energi listrik untuk memanasi dan mendinginkan ruang box kaca sesuai kebutuhan.



Gambar 7x: Kotak kaca yang terbuat dari sejumlah komponen bahan



Gambar 7y: Kerangka kotak kaca yang terbuat dari potongan balok kayu.

## **2. Beberapa Alat Pendukung**

Alat-alat yang digunakan dalam membuat suatu unit alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna dalam pembelajaran fisika yang dimaksud, didukung oleh beberapa alat. Alat-alat pendukung itu dapat dirinci sebagai berikut:

- a. Ketam penghalus, dan gergaji.
- b. Ketam pembuat ulir, tempatnya keempat pinggir setiap lembar kaca bersandar.
- c. Bor listrik dengan mata bor yang beragam sesuai kebutuhan.
- d. Penggaris Siku-siku, dan pensil gores.
- e. Pahat beberapa ukuran.
- f. Penjepit (klem), obeng beberapa jenis dan ukuran serta tang pemotong kabel.
- g. Alat-alat perbengkelan dan pertukangan lainnya sesuai kebutuhan.

## **3. Pembuatan Alat**

Bahan yang telah disiapkan, diolah dengan menggunakan alat pembuatan, berupa alat-alat perbengkelan dan pertukangan seperti di atas. Bahan-bahan kayu berupa balok penyangga, dan lempengan papan untuk lantai dan langit-langit ruang box kaca, diketam dan digergaji sesuai ukuran. Lubang-lubang balok yang disiapkan untuk melekatkan rangka antar balok satu sama lain, disiapkan dengan menggunakan pahat pelubang yang sesuai. Supaya kuat maka sambungan tegak-lurus antar balok penyangga kaca, selain dilem dengan lem fox, juga dikeling dengan keling dari bahan kayu yang sejenis yang dibentuk sesuai dengan kebutuhan lubang keling.

Semua balok yang akan bersentuhan dengan pinggir kaca, dibuatkan ulir/rel dengan menggunakan ketam pelubang ulir/rel. Keempat pinggir kaca setiap lembar kaca yang dipakai dan balok penyangganya, dilekatkan dengan menggunakan lem fox, sehingga membentuk kotak/box yang ber dinding kaca. Agar ruang selalu dapat teramati ketika proses percobaan sedang berlangsung. Sedangkan lantai ruang box kaca dan tutup atas/langit-langit box kaca terbuat dari lempengan jati yang dilekatkan dengan menggunakan baut panjang.

Pada lantai dalam ruang, ditempatkan tutup tabung/botol menghadap ke atas. Tutup tabung/botol itu disambung dengan salah satu ujung selang plastik dengan menggunakan lem alteco. Supaya tutup tabung/botol ini memiliki kekuatan, maka tutup tabung/botol ditempatkan pada lubang potongan balok kayu. Lubang potongan balok persis pas dengan tutup botol itu. Lalu potongan balok, dilekatkan pada titik tengah lantai dengan menggunakan baut seperti tampak dalam Gambar 8x. Ujung selang plastik yang lain, diteruskan ke bawah lantai ruang terus ke kolong bawah box kaca, lalu dibengkokkan berbentuk 'U' (serupa pipa 'U'). Sehingga selang plastik berbentuk pipa 'U' dapat ditempati zat cair seperti spiritus atau Hg (air raksa), air biasa, dan dapat juga zat cair lainnya misalnya alkohol hasil fermentasi. Tutup botol yang tersambung permanen dengan salah satu ujung pipa 'U' dan selang plastik yang dibengkokkan menyerupai pipa 'U', dapat diamati dalam Gambar 8y. Zat cair itu berfungsi untuk memberikan indikator tekanan dan perubahan volume udara/gas dalam tabung.

Berikut Gambar 8 tutup tabung/botol dan box kaca yang dimaksud.



Gambar 8x: Tutup tabung/botol yang berulir (memiliki drat) tersambung permanen dengan salah satu ujung pipa 'U' yang dipasang pada lubang sepotong balok kecil dan dipasang permanen pada titik tengah lantai



Gambar 8y: Tabung/botol sebagai benda berwarna yang dihubungkan dengan selang plastik berbentuk pipa 'U' berisi spiritus, pada kondisk lampu box belum dinyalakan

Di dalam ruang box kaca, dipasang 4 (empat) unit fitting balon pijar 60 (enam puluh) watt. 2 (dua) unit pada langit-langit ruang, dan 2 (dua) unit pada lantai ruang. Daya lampu sebagai pemanas ruang box kaca, dapat saja berubah sesuai kebutuhan tempat percobaan berlangsung, misalnya dengan daya 75 (tujuh puluh lima) watt, bahkan dapat menggunakan daya sebesar 100 (seratus) watt.

Semua lampu terangkai paralel dan terhubung dengan satu saklar pengendali khusus untuk lampu. Saklar lampu dapat padam (*off*) dan dapat menyala (*on*) sekaligus 4 (empat) unit lampu. Gambar 9x menunjukkan kabel rangkaian dipandang dari dalam ruang box kaca. Lalu Gambar 9y menunjukkan lantai ruang yang dilihat dari bawah kolong box kaca yang berdekatan dengan selang pipa 'U', dapat dibandingkan dengan Gambar 9y. Berikut diperlihatkan Gambar 9 gambar kabel penghubung pada langit-langit ruang dan lantai ruang bagian bawah dari box kaca:



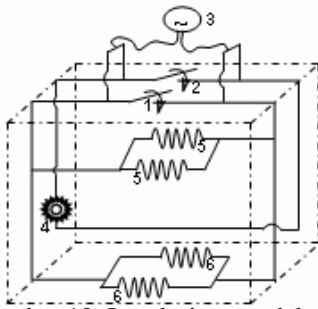
Gambar 9x: Langit-langit ruang box kaca tempat fitting lampu dipasang dengan baut dan dirangkai dengan komponen lain oleh kabel penghubung



Gambar 9y: Lantai ruang box kaca terlihat dari kolong box kaca, menunjukkan kabel penghubung dan selang plastik pipa 'U' wadah zat cair

Kabel penghubung dari langit-langit ruang dengan lantai ruang box kaca dilewatkan sejajar dengan tiang penyangga kaca secara rapi. Setiap pembelokan kabel, dilewatkan pada kayu penyangga dengan menggunakan bor yang lubangnya sesuai dengan besarnya kabel. Membuat lubang jalannya kabel, dilakukan dengan hati-hati dan dengan perhitungan yang akurat agar mata bor tidak mengenai pinggir plat kaca, supaya plat kaca tidak pecah.

Adalah percobaan/praktikum yang baik, kalau perlakuan yang sama terhadap tabung/botol berwarna sebagai benda dapat dijamin. Sehingga selain termometer, di dalam ruang dipasang juga kipas angin kecil yang terkendali dengan satu saklar khusus untuk kipas angin. Saklar yang digunakan oleh lampu dan kipas angin terpisah, hanya saja tergabung dalam satu unit saklar. Sehingga saklar yang digunakan box kaca adalah saklar ganda. Satu aliran untuk lampu, dan satu lagi aliran untuk kipas angin. Susunan instalasi rangkaian lampu dan kipas angin yang terhubung dengan saklar dinyatakan dalam Gambar 10.



Keterangan:

- 1 = saklar 4 (empat unit lampu pijar
- 2 = saklar kipas angin
- 3 = ~ = Sumber arus bolak-balik
- 4 = kipas angin
- 5 = lampu yang terletak pada langit-langit box kaca
- 6 = lampu yang terletak pada lantai box kaca

Gambar 10: Instalasi ruang dalam box kaca

Posisi kipas angin di dalam box kaca, ditempatkan dekat pintu. Agar proses pendinginan dapat berlangsung dengan baik. Kipas angin akan mendinamisasi pergerakan udara dari luar melalui pintu yang terbuka, dan mendorongnya ke dalam ruang box kaca. Berikut Gambar 11 posisi kipas angin di dalam box kaca.



Gambar 11: Posisi kipas angin di dalam ruang box kaca yang pintunya sedang terbuka (foto diambil di hotel Raddin Ancol ketika menjadi finalis lomba keberhasilan guru dalam pembelajaran tingkat Nasional November 2006)

Kabel instalasi kipas angin (pendingin ruang) dan lampu, baik pada langit-langit ruang box kaca maupun lampu pada lantai ruang yang terhubung dengan saklar, dirapikan dengan menggunakan bor listrik. Digunakan mata bor yang memungkinkan kabel yang dipakai dapat melewati lubang bor. Instalasi

ruang box terlebih dahulu dirampungkan, sebelum tutup atas (langit-langit) ruang box kaca dan tutup bawah ruang (lantai) dipermanenkan dengan menggunakan baut yang sesuai.

Sedangkan tabung/kaleng yang akan menjadi benda-benda berwarna, dicat dengan cara celup. Mengecat dinding sebelah dalam dan sebelah luar kaleng bekas, dilakukan dengan cara celup. Sebelum dicat, semua kotoran dinding kaleng, termasuk kertas mereknya, dibersihkan. Membersihkan kotoran dinding kaleng, dilakukan dengan menggunakan kertas gosok halus secara hati-hati, jangan sampai dinding bocor, atau dapat dengan menggunakan cairan alkohol yang lebih bersih. Dipastikan cara mengecat untuk semua kaleng selalu seragam supaya perlakuan untuk semua kaleng atau tabung selalu sama.

4. Penggunaan Alat Ukur Perbedaan Energi Serap Benda Berwarna dalam Pembelajaran Radiasi Benda Hitam.
  - a. Menyiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu:
    1. mistar atau meteran dengan ketelitian 0,1 cm (nol koma satu senti meter), untuk mengukur kenaikan permukaan zat cair pada ujung bebas pipa 'U';
    2. jangka sorong 0,02 mm (nol koma nol dua mili meter), untuk mengukur diameter-dalam pipa 'U' wadah zat cair;
    3. spoit (alat suntik) 10 ml (sepuluh mili liter), selain untuk memasukkan zat cair ke dalam pipa 'U' secara teliti, juga dipakai mengukur volume zat cair untuk massa tertentu, supaya pengukuran massa jenis zat cair yang digunakan dalam percobaan dapat dilakukan;
    4. neraca ohaus 311 (tiga ratus sebelas) gram dengan skala terkecil 0,01 gram (nol koma nol satu gram), dipakai mengukur massa zat cair untuk volume tertentu, agar pengukuran massa jenis zat cair yang digunakan dalam percobaan dapat dilakukan;
    5. zat cair yang akan mengisi pipa 'U'. Percobaan kali ini, menggunakan spiritus. Dapat juga air raksa atau alkohol alami seperti air tape atau air tuak;
    6. alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna berupa sistem box kaca yang terdiri dari beberapa komponen, termasuk kipas angin dan termometer di dalamnya;
    7. menormalkan semua alat ukur yang akan digunakan. Atau memeriksa kondisi kenormalan alat ukur.
  - b. Spiritus diisikan ke dalam pipa 'U' dengan menggunakan spoit (alat suntik) tinta komputer misalnya. Diusahakan jumlah spiritus yang dituang ke dalam pipa 'U' sampai setara dengan lantai tempat tutup botol diletakkan.
  - c. Membersihkan spoit dengan tisyu (lap halus), lalu diukur massanya dengan menggunakan neraca ohaus 311 gram sebagai massa awal atau massa spoit ( $m_0$ ), kemudian diisi zat cair (spiritus) sampai mencapai volume 10 ml (sepuluh mili liter) sebagai volume (V). Selanjutnya, dalam keadaan masih berisi zat cair, diukur lagi massanya dengan neraca

yang sama dicatat sebagai ( $m_t$ ). Akhirnya diperkurangkan hasil pengukuran massa dan diperoleh massa spiritus ( $m$ ).  $\rightarrow m = m_t - m_o$ . Mengetahui volume zat cair dalam massa tertentu dan massa zat cair itu dalam volume tertentu, berarti massa jenisnya dapat dihitung. Berikut diperlihatkan kegiatan yang dimaksud yang dilakukan oleh peserta didik dalam suatu latihan ujian praktik dalam Gambar 12.

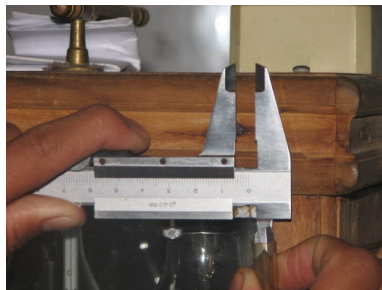


Keterangan gambar:

1. Ibu guru fisika, Sudarmi Nur, S.Pd. (berjilbab agak gelap).
2. Asti Pratiwi Duhri (berjilbab putih)
3. Rizal Asri (siswa di tengah)
4. Asharuddin (siswa di paling depan, sedang mengisi spiritus ke dalam gelas ukur)

Gambar 12: Oleh bimbingan Ibu guru, sekelompok kecil peserta didik sedang mengisi gelas ukur dengan spiritus dalam percobaan 'perbedaan energi serap benda berwarna dalam termodinamika'

- d. Mengukur diameter dalam pipa 'U' dengan menggunakan jangka sorong yang tingkat ketelitiannya 0,02 mm (nol koma nol dua mili meter), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 13.



Gambar 13: Peserta didik sedang mengukur diameter-dalam pipa 'U' wadah zat cair

Hasil ukur diameter pipa 'U' ini, dimasukkan dalam tabel pengamatan sebagai nilai d.

- e. Menyambung kabel rangkaian aliran listrik sistem box kaca, ke shoket sumber energi listrik arus bolak-balik 220 volt.
- f. Mendeteksi apakah lampu, kipas angin dan termometer dalam ruang box kaca berfungsi dengan baik, dengan terlebih dahulu mengaktifkan saklar lampu. Setelah keempat lampu balon pijar berfungsi (menyala), maka diamati penunjukan temperatur (suhu) pada termometer, apakah ruang box kaca mengalami kenaikan suhu atau tidak, akibat keempat lampu balon pijar itu menyala, lalu saklar dikembalikan dalam posisi tidak



aktif. Selanjutnya saklar kipas angin diaktifkan, dan setelah berfungsi (bergerak/berotasi), maka diamati lagi penunjukan suhu pada termometer, apakah ruang box kaca mengalami penurunan suhu atau tidak, kemudian saklar kipas angin dikembalikan pada posisi tidak aktif. Setelah lampu pijar dan kipas angin berfungsi dengan baik, maka suhu ruang yang terakhir tadi akan menjadi suhu standar ( $T_1$ ) dalam ruang box kaca, dan berlaku untuk semua percobaan yang akan berlangsung.

- g. Memasukkan tabung hitam berbentuk beraturan sebagai benda hitam yang telah disiapkan sebelumnya ke dalam ruang box kaca.
- h. Mengaktifkan saklar lampu pada suhu  $T_1 = 28,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sambil mengamati perubahan suhu ruang box kaca melalui penunjukan skala pada termometer, dan perubahan volume gas dalam botol melalui kenaikan permukaan zat cair pada ujung bebas pipa 'U'. Selanjutnya memadamkan lampu melalui saklar pada suhu  $T_2 = 31,00\text{ }^{\circ}\text{C}$  sambil terus mengamati pergerakan kenaikan permukaan zat cair pada ujung bebas pipa 'U' dan memastikan di mana posisi permukaan zat cair itu tepat berhenti, serta langsung diberi tanda posisi itu sebagai titik akhir. Kemudian dengan menggunakan mistar atau meteran yang telah disiapkan, jarak titik awal permukaan zat cair pada ujung bebas pipa 'U' dengan titik akhir permukaan zat cair diukur dengan teliti. Jarak itu yang dimaksudkan sebagai jarak kenaikan permukaan zat cair di ujung bebas pipa 'U', yang diberi notasi  $z$  dalam penulisan data pada tabel pengamatan.
- i. Mengeluarkan tabung hitam dari ruang box kaca.
- j. Mengembalikan suhu ruang box kaca ke suhu normal dengan men-on-kan saklar kipas angin hingga menunjukkan  $28,00\text{ }^{\circ}\text{C}$  seperti semula.
- k. Mengulangi langkah kerja '3.4.8' sampai '3.4.10' dengan menggunakan tabung yang berwarna lain yang telah disiapkan sebelumnya.
- l. Semua data percobaan dituliskan dalam tabel pengamatan yang sesuai.

## 5. Mengolah Data Percobaan Sesuai Formula

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 1. Hasil Penelitian

Sesuai dengan judul penelitian: "Teknologi Tepat Guna Alat Ukur Perbedaan Energi Serap Benda Berwarna dalam Pembelajaran Radiasi Benda Hitam", dengan konsentrasi pengamatan "energi serap dan emisivitas tabung berwarna", maka data yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dipaparkan dalam tabel 2.



Tabel 2. : Hasil pengamatan perbedaan emisivitas dalam radiasi benda hitam

No.	Warna	t (sec)	Ukuran Jarak				Ukuran Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )		Ukuran Massa Jenis Zat Cair	
			z (cm)	d (mm)	h' (mm)	d' (mm)	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	m (gram)	V (ml)
1	Putih	101,4	11,80	6,28	76,74	74,34	30	33	6,619	8,20
2	Merah	89,4	13,00							
3	Kuning	97,5	13,95							
4	Hijau	102,7	15,55							
5	Biru	104,1	13,55							
6	Hitam	102,1	20,85							

## 2. Analisa Data

Ulasan kajian pustaka atau teori penunjang pada bab sebelumnya, menjadi landasan dalam mengolah data hasil penelitian. Pengolahan data dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung energi serap masing-masing tabung berwarna. Kemudian menghitung luas permukaan tabung berwarna. Selanjutnya menghitung nilai emisivitas masing-masing tabung berwarna dengan formula:

$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma (T_2^4 - T_1^4)} = \frac{R}{\sigma (T_2^4 - T_1^4)}$$

Beberapa besaran yang sama dimiliki oleh semua tabung berwarna. Sehingga dihitung untuk disiapkan dipakai pada semua analisa data emisivitas tiap tabung berwarna. Besaran-besaran yang dimaksud, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ watt m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$E = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times z^2 \text{ joule}$$

$$A = \pi d' \left( 0,5d' + h' \right) m^2 = \left( \frac{22}{7} \right) \times 0,07434 (0,5 \times 0,07434 + 0,07674) m^2$$

$$A = 0,0266139324 m^2$$

$$T_1^4 = (30)^4 = 810000 ; T_2^4 = (33)^4 = 1185921 ; (T_2^4 - T_1^4) = 375921$$

$$\sigma (T_2^4 - T_1^4) = 2131472,07 \times 10^{-8} = 0,0213147207$$

### a. Tabung Berwarna Putih

$$E = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times z^2 = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times (0,1180 m)^2$$

$$E = 0,006772311747 \text{ joule} = 677,231 \times 10^{-5} \text{ joule}$$

$$t A = (101,4) \times (0,0266139324) = 2,698652745 \text{ sec } m^2$$

$$\left( \frac{E}{t A} \right) = \left( \frac{0,006772311747 \text{ joule}}{2,698652745 \text{ sec } m^2} \right) = 0,002509515817 \frac{\text{joule}}{\text{sec } m^2}$$

$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{R}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{0,002509515817}{0,0213147207} = 0,1177362749$$

**b. Tabung Berwarna Merah**

$$E = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times z^2 = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times (0,1300 \text{ m})^2$$

$$E = 0,008219769357 \text{ joule} = 821,977 \times 10^{-5} \text{ joule}$$

$$t A = (89,4) \times (0,0266139324) = 2,379285557 \text{ sec } m^2$$

$$\left( \frac{E}{t A} \right) = \left( \frac{0,008219769357 \text{ joule}}{2,379285557 \text{ sec } m^2} \right) = 0,003454721663 \frac{\text{joule}}{\text{sec } m^2}$$

$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{R}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{0,00345472663}{0,0213147207} = 0,1620814887$$

**c. Tabung Berwarna Kuning**

$$E = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times z^2 = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times (0,1395 \text{ m})^2$$

$$E = 0,009465015776 \text{ joule} = 946,502 \times 10^{-5} \text{ joule}$$

$$t A = (97,5) \times (0,0266139324) = 2,594858409 \text{ sec } m^2$$

$$\left( \frac{E}{t A} \right) = \left( \frac{0,009465015776 \text{ joule}}{2,594858409 \text{ sec } m^2} \right) = 0,003203204508 \frac{\text{joule}}{\text{sec } m^2}$$

$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{R}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{0,003203204508}{0,0213147207} = 0,1502813268$$

**d. Tabung Berwarna Hijau**

$$E = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times z^2 = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times (0,1555 \text{ m})^2$$

$$E = 0,01176071467 \text{ joule} = 1176,071 \times 10^{-5} \text{ joule}$$

$$t A = (102,7) \times (0,0266139324) = 2,733250857 \text{ sec } m^2$$

$$\left( \frac{E}{t A} \right) = \left( \frac{0,01176071467 \text{ joule}}{2,733250875 \text{ sec } m^2} \right) = 0,004302830297 \frac{\text{joule}}{\text{sec } m^2}$$

$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{R}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{0,004302830297}{0,0213147207} = 0,2018712962$$

**e. Tabung Berwarna Biru**

$$E = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times z^2 = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times (0,1355 \text{ m})^2$$

$$E = 0,01836025 \text{ joule} = 1836,025 \times 10^{-5} \text{ joule}$$

$$tA = (104,1) \times (0,0266139324) = 2,770510363 \text{ sec m}^2$$

$$\left( \frac{E}{tA} \right) = \left( \frac{0,01836025 \text{ joule}}{2,770510363 \text{ sec m}^2} \right) = 0,00662702809 \frac{\text{joule}}{\text{sec m}^2}$$

$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{R}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{0,00662702809}{0,0213147207} = 0,3109132033$$

**f. Tabung Berwarna Hitam**

$$E = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times z^2 = 0,486376885 \text{ kg s}^{-2} \times (0,2085 \text{ m})^2$$

$$E = 0,02114389754 \text{ joule} = 2114,390 \times 10^{-5} \text{ joule}$$

$$tA = (102,1) \times (0,0266139324) = 2,717282498 \text{ sec m}^2$$

$$\left( \frac{E}{tA} \right) = \left( \frac{0,02114389754 \text{ joule}}{2,717282498 \text{ sec m}^2} \right) = 0,007781265862 \frac{\text{joule}}{\text{sec m}^2}$$

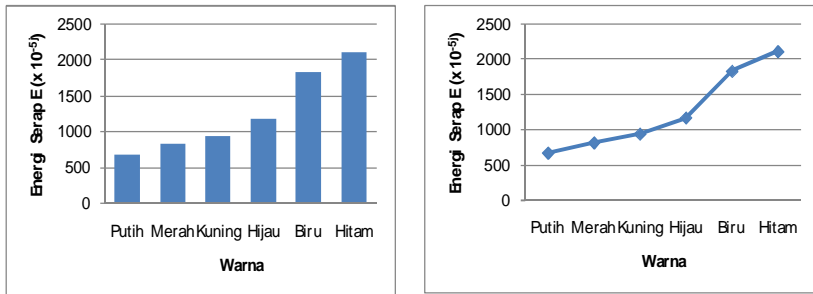
$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{R}{\sigma(T_2^4 - T_1^4)} = \frac{0,007781265862}{0,0213147207} = 0,3650653448$$

**g. Rangkuman Analisa Data**

Tabel 3: Rangkuman analisa data perbedaan energi serap dan emisivitas dalam radiasi tabung berwarna

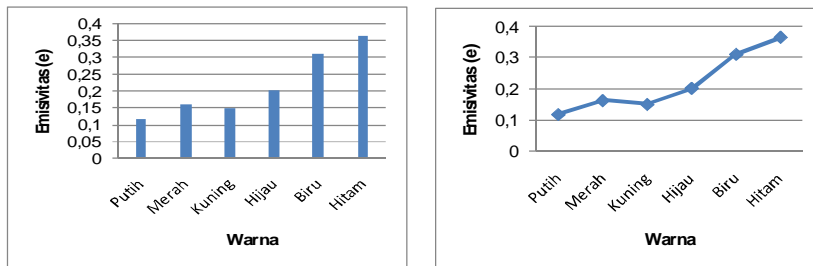
No.	Warna	t (sec)	z (cm)	Energi Serap E (x 10 <sup>-5</sup> J)	Emisivitas (e)	Keterangan
1	Putih	101,4	11,80	677,231	0,118	$\rho = 0,801719 \text{ g/cm}^3$ $d = 6,28 \text{ mm}$ $d' = 74,34 \text{ mm}$ $h' = 76,74 \text{ mm}$
2	Merah	89,4	13,00	821,977	0,162	
3	Kuning	97,5	13,95	946,502	0,150	
4	Hijau	102,7	15,55	1176,071	0,202	
5	Biru	104,1	13,55	1836,025	0,311	
6	Hitam	102,1	20,85	2114,390	0,365	

Hasil rangkuman analisa data dapat dinyatakan dalam grafik yang menyatakan energi serap dan emisivitas masing-masing warna yang diteliti. Terlebih dahulu ditampilkan grafik energi serap masing-masing warna berikut.



Gambar 14: Grafik energi serap beberapa warna tabung yang diteliti

Sedangkan grafik hubungan antara emisivitas dengan masing-masing warna dapat dinyatakan dalam grafik di bawah ini.



Gambar 15: Grafik emisivitas beberapa warna tabung yang diteliti

### 3. Pembahasan

Totalitas hasil analisa data menyatakan akan posisi warna hitam sebagai penyerap energi panas yang terbaik dari warna lainnya. Lalu disusul oleh warna biru hijau kuning, merah dan terakhir warna putih yang paling terendah energi serapnya. Identik dengan energi serap panas, emisivitas masing-masing warna tabung yang digunakan dalam penelitian juga memiliki kecenderungan yang demikian, kecuali warna merah dan kuning yang bertukar. Justru emisivitas tabung warna merah lebih tinggi dengan tabung berwarna kuning, walaupun energi serap tabung warna merah ternyata lebih rendah dari tabung yang berwarna kuning. Namun demikian tetap konsisten pada emisivitas warna hitam yang paling tinggi dan emisivitas warna putih yang terendah. Jika warna putih menjadi patokan, maka masing-masing warna tabung memiliki perbedaan energi serap, dan perbedaan energi serap terbesar dimiliki oleh tabung berwarna hitam. Tentu saja masih banyak kelemahan dari penelitian ini, baik dari cara mengumpulkan data masih berupa data tunggal, maupun bahannya hanya dari tabung kaleng bekas kemasan susu kental manis.

Melalui teknologi tepat guna alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna dalam pembelajaran radiasi benda hitam, pendidik menyiapkan peluang ruang dan waktu yang optimal kondusif melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran. Melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran melalui percobaan mengukur energi serap dan emisivitas radiasi benda berwarna akan mengubah kesan peserta didik yang menganggap materi pokok pembelajaran radiasi benda hitam pada khususnya dan mata pelajaran fisika pada umumnya sebagai sesuatu yang menakutkan menjadi sesuatu yang menarik dan mengasyikkan. Rumus-rumus yang dipakai dalam menganalisa variabel-variabel yang mempengaruhi emisivitas suatu tabung berwarna, menjadi lebih familier bagi peserta didik dan tanpa merasa tertekan peserta didik mengerti dan memahami serta mengingatnya. Karena secara praktis peserta didik memanfaatkan persamaan-persamaan itu dalam menganalisa data yang mereka sendiri peroleh melalui suatu kerja yang melibatkan lebih dari satu indera mereka secara simultan dalam suatu suasana yang menyenangkan bagi peserta didik. Peserta didik melakukan interaksi kerja sama yang penuh dengan konsentrasi ketelitian dalam suatu suasana yang menyenangkan adalah suatu kekayaan termahal yang peserta didik sedang raih yang akan memiliki pengaruh besar dalam mewarnai kepemimpinan mereka di masa depan.

Proses pembelajaran radiasi benda hitam yang dilakukan dengan melibatkan peserta didik melalui serangkaian proses praktikum yang ditindak lanjuti dengan menyusun laporan lengkap praktikum fisika yang terorganisir dan berisi berbagai komponen pembelajaran, mengantarkan peserta didik memasuki ruang dan waktu yang semakin kondusif untuk memiliki kualitas yang paripurna. Terlebih lagi ketika proses pembelajaran memberi ruang dan waktu peserta didik untuk mempresentasikan laporan praktikum fisiknya di dalam suatu seminar ilmiah sederhana secara paripurna dalam suatu rombongan belajar.

Adalah sesuatu yang sangat baik jika secara bersahaja penyusunan laporan lengkap praktikum fisika dengan menggunakan teknologi tepat guna alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna disusun oleh peserta didik dengan menggunakan bahasa novel. Memetamorfosisikan laporan lengkap praktikum fisika itu menjadi suatu karya sastra yang menarik indah dan mengasyikkan, yang kemudian peserta didik mempresentasikan hasilnya dalam diskusi paripurna di kelas (rombongan belajar), adalah suatu rancangan dan rekayasa proses pembelajaran yang bermutu tinggi dari pendidik (guru/dosen). Karena hal yang demikian sesungguhnya merupakan suatu proyek raksasa dalam membangun karakter kebangsaan yang terintegrasi dalam proses pembelajaran yang nyata secara optimal menstimulus perkembangan otak kiri dan otak kanan secara simultan.

#### 4. Pengembangan Konsep Fisika Yang Terkait

- a. Jika benda berwarna memiliki energi serap sesuai warnanya, maka dengan asumsi di atas, warna benda dapat diinterfensi melalui pemberian energi.
- b. Pengembangan konsep fisika melalui percobaan ini memberi peluang para ahli fisika termasuk dari perguruan tinggi, untuk menemukan gejala-

gejala alam yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sederhana maupun teknologi canggih, termasuk pemadam kebakaran otomatis, serta seni musik dan air mancur yang terkendali alami dengan menggunakan energi matahari, serta alat jemuran otomatis, menentukan ketebalan zat, kandungan zat di dalam suatu benda, dan lain-lain.

- c. Melalui penyempurnaan percobaan ini menjadi lebih akurat dengan menggunakan logam dan/atau bermacam-macam logam, konstanta Plank, bahkan bilangan kuantum dari foton cahaya yang datang dapat diselidiki lebih akurat dan/atau dibuktikan, demi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi termasuk yang belum terpikirkan saat ini, termasuk hubungan persamaan:

$$E = i \rho (dz)^2 = n h f \quad (E. Budikase \& Nyoman Kertiasa, 1996 : 187)$$

Keterangan:

$f$  = frekuensi gelombang cahaya  $\rightarrow$  Hz

$d$  = diameter bagian dalam pipa  $\rightarrow$  m

$E$  = usaha luar yang dilakukan oleh sistem  $\rightarrow$  J.

$$\begin{aligned} \parallel n &= \text{bilangan kuantum } (1, 2, 3, \dots) \\ \parallel i &= \text{konstanta Arizenjaya} = 15,416 \text{ m s}^{-2} \\ \parallel h &= \text{konstanta plank} = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s.} \end{aligned}$$

- d. Pengembangan konsep termodinamika akan lebih terbuka. Termasuk memberi peluang menghitung energi dalam sistem pada konsep termodinamika :  $Q = \Delta U - E$  atau  $\Delta U = Q + E$  (Pantur Silaban &

Erwin Sucipto, 1999 : 745). Lalu  $Q = m c \Delta T$  (Kane & Sternheim, 1983 : 245). Pada mana:  $\Delta U$  = perubahan energi-dalam sistem  $\rightarrow$  joule

$Q$  = energi kalor yang diterima sistem  $\rightarrow$  joule

$E$  = usaha luar yang dilakukan oleh sistem  $\rightarrow$  joule

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

1. Kehadiran teknologi tepat guna alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna dalam pembelajaran radiasi benda hitam memiliki peluang yang optimal untuk melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran dalam suasana yang lebih kongkrit, menantang dan mengasyikkan. Proses demikian adalah suatu rancang bangun dan rekayasa proses pembelajaran yang bermutu tinggi dari pendidik (guru/dosen). Karena hal yang demikian sesungguhnya merupakan suatu proyek raksasa dalam membangun karakter kebangsaan yang terintegrasi dalam proses pembelajaran yang nyata secara optimal menstimulus perkembangan otak kiri dan otak kanan secara simultan.
2. Dapat dibuktikan secara kuantitatif bahwa energi serap benda berwarna hitam yang paling tinggi dari benda berwarna lainnya dan benda berwarna

putih paling rendah. Ternyata energi serap tabung berwarna hitam dengan menggunakan kaleng bekas susu kental manis dalam percobaan ini, diperoleh sebesar **2114,390 x 10<sup>-5</sup> joule**. Sedangkan yang berwarna lainnya seperti biru, hijau, kuning, dan merah serta putih berurutan masing-masing sebesar **1836,025 x 10<sup>-5</sup> joule**, **1176,071 x 10<sup>-5</sup> joule**, **946,502 x 10<sup>-5</sup> joule**, **821,977 x 10<sup>-5</sup> joule**, dan **677,231 x 10<sup>-5</sup> joule**. Sedangkan emisivitas tabung berwarna memiliki urutan yang tidak persis sama dengan energi serap tabung berwarna. Emisivitas tabung berwarna hitam sebesar 0,365; biru, hijau, merah, kuning, dan putih masing-masing secara berurutan dari atas ke bawah, yaitu: 0,311; 0,202; 0,162; 0,150 dan 0,118.

3. Perbedaan energi serap benda berwarna dapat diukur dengan alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna berupa suatu box kaca yang ruangnya berisi pemanas dan pendingin serta alat ukur suhu. Benda berwarna yang dipresentasikan tabung berwarna ditempatkan dalam ruang box kaca dan terhubung dengan pipa 'U' berpenampang lingkaran. Energi serap masing-masing warna tabung dihitung dengan **persamaan/solusi Arizenjaya :**

$E = \frac{1}{2} \pi g \rho (d z)^2$  atau  $E = a z^2$  yang selanjutnya dapat digunakan dalam menghitung emisivitas (e) tabung berwarna dapat dihitung dengan solusi :

$$e = \frac{\left\{ \frac{E}{tA} \right\}}{\sigma (T_2^4 - T_1^4)}$$

#### Saran

1. Hendaknya metode pembelajaran yang berbasis percobaan menjadi prioritas pendidik dan pemerintah, untuk mendorong inovasi melakukan penelitian sains dan teknologi, berkenaan dengan pentingnya pendidikan dalam mewujudkan generasi pemikir/pencipta atau inovator, demi kelangsungan hidup negara dan bangsa yang kokoh dalam kompetisi global.
2. Seminar Nasional ini kiranya mendorong semua pihak yang terkait seperti perguruan tinggi termasuk **Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya** sebagai penyelenggara, supaya alat percobaan atau teknologi tepat guna alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna dalam pembelajaran fisika termasuk pembelajaran radiasi benda hitam dapat disempurnakan lebih baik lagi, dan selanjutnya dapat menjadi alat laboratorium seluruh satuan pendidikan atau sekolah/perguruan tinggi yang memiliki mata ajar fisika yang terkait.
3. Pola pembelajaran fisika hendaknya selalu memiliki terobosan yang mampu menghilangkan rasa angker dan mengerikan bagi peserta didik, menjadi indah, menarik/menyenangkan, dan mengasyikkan serta menantang, melalui penggunaan alat laboratorium yang dapat dirakit secara kontekstual.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional Pendidikan. 2006. *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Badan Standar Nasional Pendidikan.
- Budikase, E & Nyoman Kartiasa. 1995. *Fisika 3*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Budikase, E & Nyoman Kartiasa. 1994. *Fisika 2*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Direktur Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. 2008. *Merentang Jalan Menuju Pelayanan Pendidikan Dasar dan Menengah Bermutu*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Dryden Gordon & Janette Vos, 2002. *The Learning Revolutin/Revolusi Cara Belajar Bagian 1*, Jakarta: Kaifa.
- Luhulima, C.P.F., 1999. *Eropa sebagai Kekuatan Dunia*, Jakarta: Gramedia.
- Pangaribuan H., dkk. 1990. *Penuntun Belajar Fisika 2B*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Sidi, Indra Djati. 2003. *Menuju Masyarakat Belajar*. Jakarta: Paramadina.
- Silaban, Pantur & Erwin Sucipto. 1999. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Sofyan Suri Yayan. 2007. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XII*. Bogor: Duta Grafika
- Sulipan. .... *Pedoman Penilaian Pembuatan Alat Pelajaran / Alat Peraga / Alat Bimbingan dan Penemuan Teknologi Tepat Guna di Bidang Pendidikan dalam Rangka Pengembangan Profesi Guru*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Suparno, Paul. 2004. *Guru Demokratis di Era Reformasi*. Jakarta: Gramedia.
- Supiyanto. 2004. *Fisika SMA Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Suprpto, Benny, dkk. 1985. *Petunjuk Praktikum Fisika 3 SMA*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Syarwani, dkk. 1996. *Konsep-konsep Fisika untuk Kelas III Caturwulan 2 SMU*. Klaten: Intan Pariwara.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Zamroni. 2003. *Paradikma Pendidikan Masa Depan*, Jakarta: Bigraf Publishing.